



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 31 569 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
H 01 H 59/00

②① Aktenzeichen: 100 31 569.0
②② Anmeldetag: 29. 6. 2000
④③ Offenlegungstag: 1. 2. 2001

DE 100 31 569 A 1

③① Unionspriorität:

187314/99 01. 07. 1999 JP
3631/2000 12. 01. 2000 JP

⑦① Anmelder:

Advantest Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Hoffmann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 82166
Gräfelfing

⑦② Erfinder:

Miyazaki, Masaru, Tokio/Tokyo, JP; Miyagawa,
Yoshihide, Tokio/Tokyo, JP; Takoshima, Takehisa,
Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Integrierter Mikroschalter und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤⑦ Es wird ein integrierter Mikroschalter mit guter Haltbarkeit geschaffen. Der integrierte Mikroschalter wird mittels eines Mikrobearbeitungsprozesses gebildet, bei dem eine bewegliche Platte oberhalb einer Hebelstützanordnung vorgesehen ist, die mittels elektrostatischer oder magnetischer Kraft in einer Wippbewegung bewegbar ist, so daß je einer von beweglichen Kontakten, die an deren entgegengesetzten freien Enden montiert sind, aufgrund der Wippbewegung der beweglichen Platte in leitende Verbindung mit einem festen Kontakt, der gegenüber angeordnet ist, gebracht oder von ihm gelöst wird.

DE 100 31 569 A 1

Beschreibung

Bereich der Erfindung

Diese Erfindung betrifft im allgemeinen einen integrierten Mikroschalter, der durch Verwendung der Techniken der Herstellung von Halbleiter-IGs hergestellt werden kann, und insbesondere einen integrierten Mikroschalter, bei dem eine bewegliche Platte derart schwenkbar auf einer Hebelstützanordnung angeordnet ist, daß bewegliche Kontakte, die an den freien Schwenkendabschnitten der beweglichen Platte befestigt sind, mittels elektrostatischer Anziehungskraft oder elektromagnetischer Anziehungs- oder Abstoßungskraft alternierend in und außer Kontakt mit entsprechenden festen Kontakten bewegt werden, die auf einem Substrat gebildet sind, und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Hintergrund der Erfindung

Mit der verbesserten Funktionalität von Meßinstrumenten oder verschiedener Arten von Prüfsystemen werden sehr leistungsfähige Miniaturschalter in großen Mengen verwendet, die für Anwendungen nützlich sind, die von Gleichstrom bis zu hochfrequenten elektrischem Strom reichen. Außerdem ist es erforderlich, daß sehr leistungsfähige Miniaturschalter in Schaltungselemente integrierter Schaltungen eingebaut werden, die mit Signalen bis hin zu Mikrowellen oder Millimeterwellen fertig werden (wobei diese integrierten Schaltungen nachstehend als MMIC bezeichnet werden).

Aufgrund dieses Erfordernisses wurden bisher gewöhnlich Silicium- oder Galliumarsenid-Halbleiter-FETs (Feldeffekttransistoren) oder monolithische Schaltelemente unter Verwendung von Dioden verwendet. Das monolithische Schaltelement weist die Vorteile auf, daß es eine hohe Zuverlässigkeit bietet, weil keine mechanisch bewegten Komponenten vorhanden sind, und daß der Einsatz der Fotolithografiertechnologie die Massenproduktion von Schalterkomponenten in Miniaturgröße mit konsistenten Charakteristika ermöglicht.

Andererseits weist ein derartiges Schaltelement den Nachteil auf, daß es einen relativ großen Durchlaßverlust mit sich bringt, da es nicht möglich ist, den Durchlaßwiderstand angemessen zu reduzieren, wenn es sich im Durchlaßzustand befindet. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß es ein schlechtes Trennvermögen aufweist, weil es nicht möglich ist, die elektrostatische Kapazität angemessen zu reduzieren, wenn es sich im Sperrzustand befindet.

In dieser Hinsicht sind bei einer solchen Art von Schaltern wie mechanische Mikroschalter unter Verwendung mechanischer Kontaktkomponenten die Vorteile reduzierter Durchlaßverluste sowie hohen Trennvermögens gut vereint. Diesbezüglich sind verschiedene Verfahren der Herstellung integrierter Mikroschalter unter Verwendung der Technik der Herstellung von Halbleiter-IGs (Mikrobearbeitungstechnologie) versucht worden.

Beschreibung des technischen Hintergrunds

Die Fig. 49 und 50 stellen den Aufbau eines gewöhnlichen bekannten integrierter Mikroschalters dar, wie er beispielsweise in "Micromechanical Membrane Switches on Silicon" von K. E. Petersen, IBM J. RES. DEVELOP., Bd. 23, Nr. 4, Juli 1979, Seiten 376-385 offenbart ist. In diesen Fig. 49 und 50 sind zum Zweck der Erläuterung obere und untere Elektroden hinzugefügt.

Der hier dargestellte herkömmliche integrierte Mikroschalter umfaßt ein Substrat 1 aus einem Halbleiter wie beispielsweise Silicium, in dem eine Aussparung 2 gebildet ist,

eine untere Elektrode 3, die am Boden der Aussparung 2 gebildet ist, einen Ausleger 4, der auf der oberen Fläche des Substrats gebildet ist und sich über die Öffnung der Aussparung 2 erstreckt, und eine obere Elektrode 5, die auf der oberen Fläche des Auslegers 4 an einer Position der unteren Elektrode gegenüber gebildet ist, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß bei Anlegen einer Gleichspannung zwischen die untere Elektrode 3 und die obere Elektrode 5, um eine elektrostatische Anziehung zu erzeugen, das freie Ende des Auslegers 4 durch die Anziehung zum Boden der Aussparung 2 hin bewegt wird, um einen am freien Ende des Auslegers 4 montierten beweglichen Kontakt in Kontakt mit festen Kontakten (Signalleitungen) 7 und 8 zu bringen, um eine elektrische Verbindung zwischen den festen Kontakten 7 und 8 herzustellen.

Außerdem ist festzuhalten, daß der Ausleger 4 durch folgende Schritte gebildet werden kann: Bilden einer dotierten Zone (Zone p+) 1A in einer Fläche des Siliciumsubstrats 1, die mit Bor für einen vertikalen Ätzstopp dotiert ist; Bilden einer unteren Elektrode auf der dotierten Zone; Bilden, auf der dotierten Zone sowie auf der unteren Elektrode, einer Siliciumepitaxieschicht 1B, die als Opferschicht bezeichnet wird; Bilden einer Schicht aus einem Material wie beispielsweise Harz, das eine geeignete Elastizität aufweist, derart, daß sie die oberen Flächen der Opferschicht 1B überspannt; Bilden einer im wesentlichen U-förmigen Ausschnideinut 9 (vgl. Fig. 49), und Entfernen der Opferschicht, indem durch die Ausschnideinut 9 zur Opferschicht ein Siliciumätzmittel wie beispielsweise eine heiße (118°C) Lösung aus Ethylen-diaminpyrokatechol (EDP) gebracht wird, um dadurch eine Aussparung 2 im Substrat zu bilden. Die heiße Lösung aus EDP kann Silicium mit relativ hoher Geschwindigkeit ätzen, jedoch SiO₂ sowie die dotierte Zone kaum ätzen.

Ein anderer herkömmlicher integrierter Mikroschalter, der bis zu einem hohen Frequenzbereich verwendbar ist, ist offenbart in The 8th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, and Eurosensors IX. Stockholm, Schweden "a Surface Micromachined Miniature Switch for Telecommunications Applications with Signal Frequencies from DC to 4 GHz," Seiten 384-387, 25-29. Juni 1995 von J. Jason Yao et al.

Alle oben beschriebenen herkömmlichen Mikroschalterkonfigurationen sind so, daß der Ausleger 4 mit dem auf ihm montierten beweglichen Kontakt 6 mittels elektrostatischer Anziehungskraft oder elektromagnetischer Anziehungs- oder Abstoßungskraft, die durch Anlegen einer Treiberspannung zwischen die oberen und die unteren Elektroden erzeugt wird, elastisch verformt wird und ein Kontakt mit den festen Kontakten 7 und 8 hergestellt wird. Demzufolge besteht ein Problem hinsichtlich der Haltbarkeit des Auslegers 4, weshalb es wahrscheinlich ist, daß Vorkommnisse auftreten, bei denen die festen Kontakte 7 und 8 als Folge einer reduzierten Rückstellkraft oder eines Brechens des Auslegers 4 ständig im EIN-Zustand verbleiben.

Um die Haltbarkeit des Auslegers 4 zu verbessern, ist es denkbar, die Dicke des Auslegers 4 zu erhöhen. Wenn die Dicke des Auslegers 4 erhöht wird, bringt dies jedoch die Schwierigkeit mit sich, daß dementsprechend eine größere Antriebskraft für die elastische Verformung des Auslegers 4 erforderlich sein würde. Es besteht der zusätzliche Nachteil, daß der Druck, mit dem der bewegliche Kontakt 6 in Kontakt mit den festen Kontakten 7 und 8 gedrückt wird, reduziert wird, was zu einer Verschlechterung der Kontaktstabilität führt.

Zusammenfassung der Erfindung

Obwohl der durch die Mikrobearbeitungstechnologie her-

gestellte integrierte Mikroschalter aufgrund der Tatsache, daß die Metallkontakte durch mechanischen Antrieb in und außer Kontakt miteinander bewegt werden, lange Zeit die Anforderung stellte, daß die Stabilität über eine längere Zeitspanne zu verbessern ist, weist er doch den Vorteil auf, daß derartige Schalter durch Verwendung der Fotolithografiertechnologie in Massenfertigung hergestellt werden können, sowie den Vorteil des reduzierten Durchlaßwiderstands und hohen Trennverlustes auf. Man käme in den Genuß dieser Vorteile, wenn die vorgenannte Anforderung erfüllt wäre.

Es ist daher eine Aufgabe dieser Erfindung, einen verbesserten integrierten Mikroschalter zu schaffen, der so ausgelegt ist, daß weniger Vorkommnisse des Brechens der beweglichen Komponenten auftreten, und der in der Lage ist, einen sicheren Ein/Aus-Umschaltbetrieb sowie selbst mit einer relativ kleinen Anziehungskraft einen höheren Kontaktdruck zu schaffen.

Gemäß dieser Erfindung ist eine bewegliche Platte mit einer bestimmten longitudinalen Ausdehnung durch Positionshalteanordnungen in einer Position parallel zu dem Substrat und mit einer Wippbewegung um einen Schwenkpunkt in der Mittenposition der longitudinalen Ausdehnung der beweglichen Platte bewegbar an dem Substrat befestigt. Eine Hebelstützanordnung ist so gebildet, daß sie sich von dem Substrat unterhalb der Mittenposition der beweglichen Platte aus nach oben erstreckt und an ihrer Oberseite einen oberen Rippenabschnitt aufweist. Die bewegliche Platte wird durch Verwendung der Halbleiterherstellungstechnologie derart gebildet, daß die bewegliche Platte durch die Positionshalteanordnungen oberhalb der Hebelstützanordnung so am Substrat befestigt ist, daß "im Prinzip" ein minimaler Spalt zwischen dem oberen Rippenabschnitt der Hebelstützanordnung und der darüber positionierten beweglichen Platte geschaffen wird. Die durch die Positionshalteanordnungen am Substrat befestigte bewegliche Platte ist in einer Wippbewegung mit Hilfe von Anziehungskraft (oder Abstoßungskraft) bewegbar, die zwischen dem Substrat und einem jeweiligen ausgewählten der entgegengesetzten Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte erzeugt wird, die sich auf entgegengesetzten Seiten bezüglich der Hebelstützanordnung befinden, während sie an ihrem Mittelpunkt mit der Hebelstützanordnung in Eingriff steht und von ihr unterstützt wird. Das Erzeugen der Anziehungskraft (oder Abstoßungskraft) wird umgeschaltet von zwischen dem ausgewählten der Schwenkendabschnitte und dem Substrat zu zwischen dem anderen der Schwenkendabschnitte und dem Substrat, und umgekehrt.

Außerdem sind bewegliche Kontakte an den entgegengesetzten Schwenkendabschnitten in der Nähe der jeweiligen freien Enden angeordnet, während feste Kontakte auf der Substratseite den entsprechenden beweglichen Kontakten gegenüber angeordnet sind, so daß in Antwort auf die Wippbewegung der beweglichen Platte die beweglichen Kontakte in und außer Kontakt mit den festen Kontakten gebracht werden, um die Umschaltfunktion auszuführen.

Hier bedeutet der Ausdruck "es ist im Prinzip ein minimaler Spalt vorgesehen", daß die bewegliche Platte so hergestellt wird, daß ein minimaler Spalt beim Design vorhanden ist, wie durch Bezug auf die nachstehend beschriebenen Herstellungsverfahren ersichtlich ist. In anderen Worten soll der Ausdruck "im Prinzip" bedeuten, daß beim fertigen Produkt die bewegliche Platte abhängig vom Gewicht der beweglichen Platte möglicherweise eine Position einnehmen kann, in der sie in Berührung mit dem oberen Rippenabschnitt der Hebelstützanordnung ist.

Bei der vorliegenden Erfindung unterliegt die Kontaktanordnung verschiedenen gewünschten Modifikationen,

was nicht nur die Konfiguration zum Herstellen und Unterbrechen der Verbindung zwischen einem beweglichen Kontakt und einem festen Kontakt umfaßt, sondern auch die Konfiguration zum Herstellen und Unterbrechen der Verbindung zwischen einer Mehrzahl fester Kontakte durch einen beweglichen Kontakt.

Die Mittel zum Schaffen einer Antriebskraft für die bewegliche Platte für ihre Wippbewegung können ebenfalls verschiedene Formen annehmen.

Der integrierte Mikroschalter gemäß Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung umfaßt:

eine Hebelstützanordnung, die von einer Seitenfläche eines Substrats emporragt;

eine bewegliche Platte, die von der Hebelstützanordnung für eine Wippbewegung unterstützt wird;

eine Treiberanordnung zum Erzeugen einer Anziehungskraft (oder Abstoßungskraft) zwischen dem Substrat und einem der entgegengesetzten Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte, die sich auf entgegengesetzten Seiten bezüglich der Hebelstützanordnung befinden;

bewegliche Kontakte, die auf den entgegengesetzten freien Enden der beweglichen Platte montiert sind; und

feste Kontakte, die so ausgelegt sind, daß sie mittels der Wippbewegung der beweglichen Platte durch die beweglichen Kontakte elektrisch verbunden und von ihnen getrennt werden können.

Die integrierten Mikroschalter gemäß den Ansprüchen 2 bis 9 betreffen Variationen der Treiberanordnung des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 1.

Anspruch 2 ist auf die Treiberanordnung gerichtet, die aus zwei auf dem Substrat gebildeten unteren Elektroden und der aus einem leitfähigen Material hergestellten beweglichen Platte aufgebaut ist. Wenn beispielsweise ein positives Potential einer Gleichstromantriebsquelle an die bewegliche Platte angelegt wird, während ein negatives Potential alternierend an die eine und die andere der zwei unteren Elektroden angelegt wird, wird daher bewirkt, daß die bewegliche Platte aufgrund elektrostatischer Kraft in einer Wippbewegung bewegt wird, wodurch die beweglichen Kontakte mit den festen Kontakten elektrisch in Kontakt kommen und sich von ihnen lösen.

Gemäß Anspruch 3 ist die bewegliche Platte aus einem Isolator hergestellt und weist obere Elektroden auf, die an deren entgegengesetzten Schwenkendabschnitten gebildet und auf den entgegengesetzten Seiten bezüglich der Hebelstützanordnung angeordnet sind, während untere Elektroden auf dem Substrat an Positionen gebildet sind, die bezüglich der Hebelstützanordnung symmetrisch sind und den entsprechenden oberen Elektroden gegenüberliegen. Das Anlegen einer Treiberspannung zwischen die oberen Elektroden und die unteren Elektroden bewegt die bewegliche Platte in einer Wippbewegung, wodurch bewirkt wird, daß die beweglichen Kontakte mit den festen Kontakten elektrischen Kontakt bekommen und sich von ihnen lösen.

Anspruch 4 offenbart einen elektrostatisch getriebenen integrierten Mikroschalter, bei dem eine Mehrzahl unterer Elektroden auf dem Substrat gegenüber jedem der entgegengesetzten Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte gebildet sind, so daß eine Mehrzahl elektrostatischer Kapazitäten zwischen der Mehrzahl unterer Elektroden und jeder der entgegengesetzten Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte gebildet wird, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß, wenn ein Treiberpotential zwischen die Mehrzahl unterer Elektroden entsprechend einem der entgegengesetzten Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte angelegt wird, elektrische Ladung in den jeweiligen elektrostatischen Kapazitäten gesammelt wird, um elektrostatische Anziehungskräfte zwischen dem Substrat und dem einen der ent-

gegengesetzten Schwenkendabschnitte zu erzeugen.

Der in Anspruch 5 offenbarte integrierte Mikroschalter ist durch die Treiberanordnung gekennzeichnet, die Planarspulen umfaßt, die auf der beweglichen Platte an Positionen gebildet sind, die bezüglich deren Schwenkpunkt symmetrisch sind, und durch eine Permanentmagnetanordnung, die so ausgebildet ist, daß sie Magnetfelder erzeugt, die parallel zu den von den Planarspulen erzeugten Magnetfeldern sind, um dadurch magnetische Anziehungskräfte zu erzeugen.

Die Verwendung von Permanentmagneten als Magnetfelderzeugungsmittel ermöglicht die Schaffung einer beträchtlichen Anziehung und Abstoßung selbst dann, wenn die von den Planarspulen erzeugten Magnetfelder minimal sind, wodurch ein integrierter Mikroschalter geschaffen wird, der einen stabilen Kontaktzustand zwischen den festen Kontakten und den beweglichen Kontakten sicherstellt.

Der in Anspruch 6 offenbarte integrierte Mikroschalter ist durch die Antriebsanordnung gekennzeichnet, welche die aus magnetischem Material hergestellte bewegliche Platte und Erregungsspulen umfaßt, die aus rohrförmig gewickeltem Draht bestehen und im Substrat befestigt sind. Die Wicklung von Draht in rohrförmiger Form ermöglicht die Erhöhung der Anzahl an Windungen, was dazu beiträgt, eine verstärkte magnetische Anziehungs- oder Abstoßungskraft zu erzeugen.

Demzufolge liefert dieser Aufbau wiederum einen integrierten Mikroschalter, der einen stabilen Kontaktzustand zwischen den festen Kontakten und den beweglichen Kontakten sicherstellt.

Der in Anspruch 7 offenbarte integrierte Mikroschalter ist durch die Antriebsanordnung gekennzeichnet, die Erregungsspulen enthält, die aus Draht bestehen, der rohrförmig gewickelt ist, wobei die Erregungsspulen von einem Zusatzsubstrat gehalten werden, das oberhalb der beweglichen Platte montiert ist, so daß eine Anziehungskraft von oberhalb der beweglichen Platte geliefert wird.

Der in Anspruch 8 offenbarte integrierte Mikroschalter ist durch die Antriebsanordnung gekennzeichnet, die Stücke aus magnetischem Material für die magnetische Anziehung umfaßt, welche auf der beweglichen Platte montiert sind, die aus einem nicht-magnetischen Material hergestellt ist, und Erregungsspulen, die in das Substrat eingebettet sind, so daß die Stücke für die magnetische Anziehung eine Anziehungskraft in Verbindung mit von den Erregungsspulen erzeugten Magnetfeldern erzeugen können.

Während die Stücke für die magnetische Anziehung gemäß Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet sind, daß sie einfach aus magnetischem Material hergestellt sind, ist Anspruch 9 auf die Antriebsanordnung gerichtet, die dadurch weiter gekennzeichnet ist, daß die Stücke für die magnetische Anziehung mit entgegengesetzten Polaritäten längs der Richtung ihrer Dicke magnetisiert sind, so daß ein Kontaktdruck mit größerer Stärke (der zwischen den beweglichen Kontakten und den festen Kontakten wirken soll) durch synergistische Effekte zwischen den Magnetfeldern der Stücke für die magnetische Anziehung und jenen der Erregungsspulen erzeugt werden kann.

Die Ansprüche 10 und 11 dieser Anmeldung sind auf die Positionshalteanordnungen zum Halten der beweglichen Platte in Position gerichtet.

Anspruch 10 schlägt Positionshalteanordnungen vor, die Trägerplatten umfassen, die von der planaren Fläche des Substrats nach oben ragen, und elastisch verformbare Drehgelenkanordnungen, die einstückig mit der beweglichen Platte gebildet sind und die entgegengesetzten Seiten der beweglichen Platte am Schwenkpunkt mit den Trägerplatten verbinden. Die Drehgelenkanordnungen ermöglichen es, daß sich die bewegliche Platte in der Wippbewegung be-

wegt und verhindert dennoch den Positionsversatz der beweglichen Platte oberhalb der Hebelstützanordnung.

Anspruch 11 schlägt Positionshalteanordnungen vor, die ein Paar Trägerstangen, die sich von den entgegengesetzten Seiten der beweglichen Platte am Schwenkpunkt senkrecht zur longitudinalen Abmessung der beweglichen Platte erstrecken, und ein Paar Lageranordnungen zur Aufnahme der sie durchsetzenden Trägerstangen umfassen. Die Lageranordnungen sind auf den Trägerplatten gebildet, welche wiederum von der planaren Fläche des Substrats vorstehen.

Die Ansprüche 12 bis 17 dieser Anmeldung sind auf den Aufbau der festen Kontakte und der beweglichen Kontakte gerichtet.

Anspruch 12 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, bei dem die beweglichen Kontakte durch Niederschlagung bzw. Abscheidung auf der Unterseite der beweglichen Platte an den freien Enden ihrer entgegengesetzten Schwenkendabschnitte gebildet sind und in äußeren Enden, die sich über die freien Enden der beweglichen Platte hinaus erstrecken, enden, während die festen Kontakte auf der planaren Fläche des Substrats gebildet sind, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß die festen Kontakte mittels der beweglichen Kontakte elektrisch miteinander verbunden und voneinander getrennt werden.

Anspruch 13 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, bei dem die beweglichen Kontakte mit Elastizität versehen sind, was eine elastische Verformung ermöglicht, wobei die beweglichen Kontakte mit Elastizität so wirken, daß sie einen Selbstreinigungsvorgang zwischen den beweglichen Kontakten und den festen Kontakten hervorrufen.

Anspruch 14 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, bei dem bewegliche Kontakte auf der Oberseite der beweglichen Platte in der Nähe ihrer entgegengesetzten Schwenkendabschnitte gebildet sind, während feste Kontakte an jeweiligen Trägern befestigt sind, die an einer von der planaren Fläche des Substrats nach oben beabstandeten Erhöhung befestigt sind.

Anspruch 15 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, bei dem feste Kontakte aus Leitern gebildet sind, die Signalübertragungsleitungen umfassen, die an eine vorbestimmte Impedanz angepaßt sind.

Anspruch 16 ist auf das Merkmal des Aufbaus der Signalübertragungsleitungen gerichtet, die an eine vorbestimmte Impedanz angepaßt und aus Mikrostreifenleitern gebildet sind.

Anspruch 17 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, bei dem feste Kontakte aus komplanaren Mikrostreifenleitern gebildet sind.

Es ist ersichtlich, daß die integrierten Mikroschalter gemäß den Ansprüchen 15 bis 18 aufgrund der Tatsache, daß die festen Kontakte aus impedanzangepaßten Signalübertragungsleitungen aufgebaut sind, den Vorteil bieten, selbst bei Signalen hoher Frequenz eine Ein/Aussteuerung sicherzustellen, ohne die Wellenformqualität zu beeinträchtigen.

Anspruch 18 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, der umfaßt:

feste Kontakte, die auf einer Seitenfläche eines Substrats gebildet sind;
einen Ausleger, der an einem Ende an dem Substrat befestigt ist und dessen anderes, schwenkbares freies Ende einem festen Kontakt gegenüber angeordnet ist, wobei der Ausleger aus einem Leiter gebildet ist; und
eine Erregungsspule, die dem schwenkbaren freien Ende des Auslegers gegenüber angeordnet ist, wobei die Spule aus einem rohrförmig gewickelten Draht gebildet ist.

Anspruch 19 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, der umfaßt:

eine bewegliche Platte, die auslegerartig an einer Seitenflä-

che eines Substrats unterstützt ist, wobei die bewegliche Platte aus einem magnetischen Material mit Leitfähigkeit gebildet ist;

einen aus einem nicht-magnetischen Leiter gebildeten Festkontakthalteausleger, wobei der Ausleger auf sich einen festen Kontakt in einer dem schwenkbaren freien Ende der beweglichen Platte gegenüberliegenden Position, jedoch diesbezüglich leicht versetzt, haltet; und

eine Erregungsspule, die dem schwenkbaren freien Ende des Auslegers gegenüber angeordnet ist, wobei die Spule aus rohrförmig gewickeltem Draht gebildet ist.

Gemäß der Erfindung nach Anspruch 20 wird ein integrierter Mikroschalter geschaffen, bei dem eine bewegliche Platte polygonaler Form, beispielsweise rechteckiger Form, in ihrer Mitte von einer Hebelstützanordnung unterstützt wird, die von einem Substrat emporragt. Eine untere Elektrode ist an der Unterseite des Substrats der beweglichen Platte gegenüber gebildet. Bewegliche Kontakte sind auf der Unterseite der beweglichen Platte an jedem ihrer vier Ecken gebildet, während an der Oberseite der beweglichen Platte dreieckige obere Elektroden an jedem ihrer vier Ecken gebildet sind. Die Anordnung ist so getroffen, daß, wenn eine Treiberspannung zwischen eine der oberen Elektroden und die untere Elektrode angelegt wird, ein Eckabschnitt der beweglichen Platte zum Substrat hin bewegt wird, wodurch der zugeordnete der beweglichen Kontakte in eine leitende Verbindung mit dementsprechenden festen Kontakt bewegt wird, während sich die anderen nicht = in Kontakt mit den entsprechenden festen Kontakten befinden.

Während die Hebelstützanordnung gemäß den bisherigen Ansprüchen so dargestellt ist, daß sie einen oberen Rippenabschnitt aufweist, ist die Hebelstützanordnung bei diesem Anspruch 20 so ausgelegt, daß sie eine obere Rippe mit konischer Form aufweist, die eine minimale Länge der "Rippe" (horizontal) aufweist, sie kann jedoch selbstverständlich abhängig von der polygonalen Form jede geeignete Form aufweisen.

Anspruch 21 schlägt einen integrierten Mikroschalter vor, der eine Mehrzahl integrierter Mikroschalter umfaßt, die auf einem gemeinsamen Substrat gebildet und zu einer monolithischen Einheit kombiniert sind.

Anspruch 22 ist auf einen integrierten Mikroschalter gerichtet, der in einem abgedichteten Gehäuse untergebracht wird, das dann mit inertem Gas gefüllt wird.

Die Ansprüche 23 bis 27 schlagen Verfahren zur Herstellung der verschiedenen, oben beschriebenen integrierten Mikroschalter vor.

Anspruch 23 ist auf das in Fig. 5 dargestellte Herstellungsverfahren gerichtet.

Anspruch 24 lehrt ein Verfahren zur Herstellung des integrierten Mikroschalters mit dem in den Fig. 25 bis 28 dargestellten Aufbau, bei denen Lageranordnungen als Positionshalteanordnungen verwendet werden.

Anspruch 25 schlägt ein Verfahren zur Herstellung des integrierten Mikroschalters vor, der mit elastisch verformbaren beweglichen Kontakten gemäß Darstellung in Fig. 17 versehen ist.

Anspruch 26 schlägt ein Verfahren zur Herstellung des integrierten Mikroschalters vor, der mit Planarspulen gemäß Darstellung in den Fig. 30 bis 32 versehen ist.

Anspruch 27 ist auf ein Verfahren zur Herstellung des integrierten Mikroschalters gerichtet, der mit Erregungsspulen gemäß Darstellung in den Fig. 38 und 39 versehen ist.

Anspruch 28 ist auf einen integrierten Mikroschalter gerichtet, bei dem ein Verfahren zur Bildung eines minimalen Spalts definiert ist.

Anspruch 29 ist auf einen integrierten Mikroschalter gerichtet, bei dem bewegliche Kontakte und feste Kontakte in

einem Aus-Zustand gehalten werden, während die bewegliche Platte deaktiviert ist.

Wie oben diskutiert, wird bei dem integrierten Mikroschalter gemäß dieser Erfindung bewirkt, daß die bewegliche Platte durch eine Anziehungskraft oder eine Abstoßungskraft, die entweder durch statische oder magnetische Elektrizität erzeugt wird, in einer Wippbewegung bewegt wird, um dadurch zu bewirken, daß die an den Schwenkenden der beweglichen Platte vorgesehenen beweglichen Kontakte eine elektrische Verbindung mit den festen Kontakten herstellen und unterbrechen. Es ist daher klar, daß der integrierte Mikroschalter dieser Erfindung in der Lage ist, eine Schaltfunktion guter Qualität mit reduziertem Durchlaßwiderstand während des Leitungszustands und hohem Sperrwiderstand im Öffnungszustand zu liefern.

Außerdem ermöglicht der integrierte Mikroschalter gemäß dieser Erfindung aufgrund der Mikrostruktur, die durch Mikrobearbeitungstechniken wie beispielsweise die Fotolithografiertechnologie realisiert wird, eine Beschleunigung der Bewegung der beweglichen Kontakte, was den Vorteil bringt, schnell reagierende integrierte Mikroschalter zu liefern.

Außerdem ermöglicht die Mikrostruktur des integrierten Mikroschalters gemäß dieser Erfindung es, eine größere Anzahl an Schaltern in einem begrenzten Raum unterzubringen, so daß selbst eine komplizierte Umschaltanordnung in einer so kleinen Konfiguration integriert werden kann, wie es eine Halbleitervorrichtung ist. Demzufolge wird erwartet, daß die Anwendungsbereiche oder Verwendungsfelder des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung vergrößert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Draufsicht, die eine erste Ausführungsform des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 1 oder 2 darstellt;

Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 2-2 von Fig. 1;

Fig. 3 ist ein elektrisches Äquivalenzschaltbild des in den Fig. 1 und 2 gezeigten Mikroschalters;

Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht, die den allgemeinen Aufbau des in den Fig. 1 und 2 gezeigten integrierten Mikroschalters darstellt;

Fig. 5 sind diagrammartige Ansichten, die aufeinanderfolgende Schritte eines Prozesses zur Herstellung des in den Fig. 1 und 2 gezeigten integrierten Mikroschalters darstellen;

Fig. 6 ist eine Draufsicht, die eine zweite Ausführungsform darstellt, welche eine Modifikation des in den Fig. 1 und 2 gezeigten integrierten Mikroschalters darstellt;

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 7-7 von Fig. 6;

Fig. 8 ist ein elektrisches Äquivalenzschaltbild des in den Fig. 6 und 7 gezeigten integrierten Mikroschalters;

Fig. 9 ist eine Draufsicht, die eine dritte Ausführungsform darstellt, welche eine weitere Modifikation des in den Fig. 1 und 2 gezeigten integrierten Mikroschalters ist;

Fig. 10 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 10-10 von Fig. 9;

Fig. 11 ist ein elektrisches Äquivalenzschaltbild des in den Fig. 9 und 10 gezeigten integrierten Mikroschalters;

Fig. 12 ist eine Draufsicht, die eine vierte Ausführungsform darstellt, die eine weitere Modifikation des in den Fig. 1 und 2 gezeigten integrierten Mikroschalters ist;

Fig. 13 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 13-13 von Fig. 12;

Fig. 14 ist eine Draufsicht, die eine fünfte Ausführungs-

form des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 3 darstellt;

Fig. 15 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 15-15 von Fig. 14;

Fig. 16 ist eine Querschnittsansicht, die eine sechste Ausführungsform darstellt, die eine Modifikation des in Fig. 14 gezeigten integrierten Mikroschalters ist;

Fig. 17 sind diagrammartige Ansichten, die aufeinanderfolgende Schritte eines Prozesses zur Herstellung des in den Fig. 14 und 15 gezeigten integrierten Mikroschalters darstellen;

Fig. 18 ist eine Querschnittsansicht, die eine siebte Ausführungsform darstellt, die eine Modifikation des in Fig. 14 gezeigten integrierten Mikroschalters ist;

Fig. 19 ist eine Querschnittsansicht, die eine achte Ausführungsform darstellt, die eine andere Modifikation des in Fig. 14 gezeigten integrierten Mikroschalters ist;

Fig. 20 ist eine Draufsicht, die eine neunte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 4 darstellt;

Fig. 21 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 21-21 von Fig. 20;

Fig. 22 ist eine Draufsicht, die eine zehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 11 darstellt;

Fig. 23 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 23-23 von Fig. 22;

Fig. 24 ist eine Draufsicht, die eine elfte Ausführungsform darstellt, die eine Kombination der in Fig. 22 gezeigten Ausführungsform und der in Fig. 20 gezeigten Ausführungsform ist;

Fig. 25 sind Querschnittsansichten, die aufeinanderfolgende Schritte eines Prozesses zur Herstellung des in Fig. 22 gezeigten integrierten Mikroschalters darstellen;

Fig. 26 sind Querschnittsansichten, die aufeinanderfolgende Schritte als Fortsetzung der Schritte des in Fig. 25 gezeigten Prozesses darstellen;

Fig. 27 sind Querschnittsansichten, die aufeinanderfolgende Schritte als weitere Fortsetzung der Schritte des in den Fig. 25 und 26 gezeigten Prozesses darstellen;

Fig. 28 ist eine Draufsicht, die zusätzlich den in Fig. 26A gezeigten Schritt darstellt;

Fig. 29 ist eine Draufsicht, die zusätzlich den in Fig. 26A gezeigten Schritt darstellt;

Fig. 30 ist eine Draufsicht, die eine zwölfte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 5 darstellt;

Fig. 31 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 31-31 von Fig. 30;

Fig. 32 ist eine Draufsicht, die eine dreizehnte Ausführungsform darstellt, die eine Modifikation der in Fig. 30 gezeigten Ausführungsform ist;

Fig. 33 ist eine Draufsicht, die eine vierzehnte Ausführungsform gemäß Anspruch 6 darstellt;

Fig. 34 ist eine Querschnittsansicht, die von der Seite von Fig. 30 genommen ist;

Fig. 35 sind diagrammartige Ansichten, die aufeinanderfolgende Schritte eines Prozesses zur Herstellung des in den Fig. 33 und 34 gezeigten integrierten Mikroschalters darstellen;

Fig. 36 ist eine perspektivische Ansicht, die ein Beispiel der Erregungsspule darstellt, die bei dem in den Fig. 33 und 34 gezeigten integrierten Mikroschalter verwendet wird;

Fig. 37 ist eine Draufsicht, welche die in Fig. 36 gezeigte Erregungsspule darstellt, die in einer im Substrat gebildeten Bohrung montiert ist;

Fig. 38 ist eine Draufsicht, die eine fünfzehnte Ausführungsform darstellt, die eine Modifikation des in den Fig. 33

und 34 gezeigten integrierten Mikroschalters ist;

Fig. 39 ist eine Querschnittsansicht, die den Aufbau des in Fig. 38 gezeigten integrierten Mikroschalters darstellt;

Fig. 40 ist eine Querschnittsansicht, die eine sechzehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 18 darstellt;

Fig. 41 ist eine Querschnittsansicht, die eine siebzehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 19 darstellt;

Fig. 42 ist eine Draufsicht, die eine achtzehnte Ausführungsform darstellt, die eine andere Modifikation des in den Fig. 33 und 44 gezeigten integrierten Mikroschalters ist;

Fig. 43 ist eine Draufsicht, gesehen von oben von Fig. 42;

Fig. 44 ist eine Draufsicht, die eine neunzehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters gemäß Anspruch 1 darstellt;

Fig. 45 ist ein elektrisches Äquivalenzschaltbild des in Fig. 33 gezeigten Schalters;

Fig. 46 ist eine Draufsicht, die eine zwanzigste Ausführungsform dieser Erfindung darstellt;

Fig. 47 ist eine Querschnittsansicht, die eine einundzwanzigste Ausführungsform dieser Erfindung darstellt;

Fig. 48 ist eine perspektivische Ansicht, die eine zweiundzwanzigste Ausführungsform dieser Erfindung darstellt;

Fig. 49 ist eine perspektivische Ansicht, die den Stand der Technik darstellt; und

Fig. 50 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 50-50 von Fig. 49.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Die Fig. 1 bis 4 stellen eine erste Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß den Ansprüchen 1, 2, 10 und 12 dar, bei der 11 ein aus einem Halbleiter wie beispielsweise Silicium (Si) oder Galliumarsenid (GaAs) hergestelltes Substrat bezeichnet.

Der integrierte Mikroschalter dieser Ausführungsform ist konfiguriert, die elektrische Verbindung zwischen den voneinander getrennten festen Kontakten 13A und 13B bzw. 14A und 14B, die auf einer auf dem Substrat 11 aufgetragenen Isolierschicht 12 angeordnet sind, mittels der auf einer beweglichen Platte 18 gebildeten beweglichen Kontakte 16A bzw. 16B zu öffnen und zu schließen.

Die beweglichen Kontakte 16A und 16B sind an der Unterseite einer Isolierschicht 26 gebildet, die unten an der elektrisch leitenden beweglichen Platte 18 gebildet ist (Fig. 2).

Die bewegliche Platte 18 weist ein Paar Positionshalteanordnungen 19 auf, die sich von deren gegenüberliegenden Lateralseiten in der Mitte zwischen deren entgegengesetzten Enden senkrecht (in vertikaler Richtung gemäß Darstellung in Fig. 1) zur longitudinalen Länge der beweglichen Platte (die Richtung von rechts nach links gemäß Darstellung in Fig. 1) erstrecken. Von der oberen Oberfläche des Substrats 11 ragt zur Mitte der beweglichen Platte 18 hin eine Hebelstützanordnung 15, die als Anordnung dafür dient, daß die bewegliche Platte 18 eine Hin- und Her- bzw. Wippbewegung ausführen kann. Die Positionshalteanordnungen 19 sind einstückig mit der beweglichen Platte 18 gebildet und dienen dazu, die Position der beweglichen Platte 18 relativ zum Substrat 11 beizubehalten. Die bewegliche Platte 18 ist beispielsweise aus einem Mehrschichtenfilm, der eine untere Schicht aus Polysilicium und eine obere Schicht aus elektrisch leitendem Material wie beispielsweise Aluminium umfaßt, hergestellt. Die dargestellte Ausführungsform zeigt ein Beispiel, bei dem die Positionshalteanordnungen 19 elastisch verformbare Drehgelenke umfassen. Das Paar Positionshalteanordnungen 19 weist an seinen äußeren An-

schlußenden ein Paar Elektrodenabschnitte 21 auf, die elektrisch und mechanisch mit Trägerplatten 21A verbunden sind, die auf der Isolierschicht 12 so gebildet sind, daß sie wie die Hebelstützanordnung vom Substrat abstehen, wobei sich die Elektrodenabschnitte beispielsweise aus Metallplattierungsschichten zusammensetzen. Die Positionshalteanordnung 19 ist vorzugsweise so lang wie möglich hergestellt, und bei dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel ist sie in einer Serpentinform gebildet, um die elastische Verformung zu erleichtern. Es ist festzuhalten, daß die Positionshalteanordnung 19 dazu dient, die bewegliche Platte 18 ohne Fehlversetzung über der Hebelstützanordnung 15 zu halten, und hält sie dennoch so, daß sie eine Wippbewegung um die Hebelstützanordnung herum ausführen kann, wenn sich die Platte in Eingriff mit der Hebelstützanordnung befindet. Es ist festzuhalten, daß die Positionshalteanordnung 19 keine elastische Vorspannkraft auf die bewegliche Platte 18 auszuüben braucht, sondern nur eine Versetzung der beweglichen Platte 18 bezüglich der korrekten Position verhindern muß. Demzufolge kann die Positionshalteanordnung 19 in Form eines schmalen Streifens oder eines dünnen Drahtes ausgebildet sein und erfordert nur eine geringe Festigkeit.

Auf der Isolierschicht 12 des Substrats 11 sind der unteren Oberfläche der beweglichen Platte 18 gegenüber untere Elektroden 22A und 22B angeordnet. Die Elektroden 22A und 22B sind symmetrisch bezüglich der Hebelstützanordnung 15 angeordnet und so ausgebildet, daß sie über ihre Anschlußabschnitte 23A bzw. 23B selektiv mit einer Treiberspannung versorgbar sind. Wenn eine Treiberspannung an die bewegliche Platte 18 und eine der unteren Elektroden angelegt wird, beispielsweise die Elektrode 22A, wird eine elektrostatische Anziehungskraft erzeugt, so daß der am Schwenkende der beweglichen Platte 18 gebildete bewegliche Kontakt 16A in Kontakt mit den festen Kontakten 13A und 13B bewegt wird. Damit wird eine elektrische Verbindung zwischen den Anschlüssen 13A-1 und 13B-1 hergestellt. Im Gegensatz dazu wird, wenn eine Treiberspannung an die bewegliche Platte 18 und die andere untere Elektrode 22B angelegt wird, eine Anziehungskraft auf das andere Schwenkende der beweglichen Platte 18 ausgeübt, so daß der andere bewegliche Kontakt 16B in Kontakt mit dem festen Kontakten 14A und 14B bewegt wird. Damit wird in diesem Fall eine elektrische Leitung zwischen den Anschlüssen 14A-1 und 14B-1 hergestellt. Fig. 3 stellt diagrammatisch eine elektrisch äquivalente Schaltung des in den Fig. 1 und 2 gezeigten integrierten Mikroschalters dar.

Es ist festzuhalten, daß diese Ausführungsform ein Beispiel zeigt, bei dem die festen Kontakte, wie in Anspruch 15 angegeben, sich aus Leitern zusammensetzen, die eine impedanzangepaßte Signalübertragungsleitung umfassen. Genaue gesagt bilden bei diesem Beispiel die festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B zusammen mit einer gemeinsamen Potentialschicht 24, die auf der Rückseite des Substrats 11 gebildet ist, einen Mikrostreifenleiter. Dementsprechend können die festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B als Übertragungsleitung für hohe Frequenz für die Ein/Aus-Steuerung hochfrequenter Signale verwendet werden. Es ist aus Fig. 1 und 4 des weiteren ersichtlich, daß die bewegliche Platte 18 mit einer Vielzahl von Durchgangsöffnungen 18A versehen ist, die bei einem Herstellungsverfahren verwendet werden, wie es unter Bezug auf Fig. 5 beschrieben wird. Das Verfahren der Herstellung des integrierten Mikroschalters gemäß dieser Erfindung wird nun unter Bezug auf Fig. 5 beschrieben.

Eine Isolierschicht 12 aus beispielsweise SiO_2 wird auf der oberen Oberfläche eines Substrats 11 aus einem Halbleiter wie beispielsweise Silicium oder Galliumarsenid gebildet. Dann wird eine gemeinsame Potentialschicht 24 aus ei-

nem Metallfilm zur Bildung eines Mikrostreifenleiters auf der Rückseite des Substrats 11 gebildet (Fig. 5A).

Der nächste Schritt besteht darin, einen Metallfilm (beispielsweise aus Rh, Zr) auf der oberen Fläche der Isolierschicht 12 beispielsweise durch Sputtern niederzuschlagen, wonach feste Kontakte 13A, 13B, 14A, 14B, Anschlüsse 13A-1, 13B-1, 14A-1, 14B-1, untere Elektroden 22A, 22B, Anschlüsse 23A, 23B, eine Basis 15' für die Hebelstützanordnung und Basen 21' für Trägerplatten 21A durch geeignete Maskierungs- und Ätzprozesse im Metallfilm gebildet werden. Des weiteren werden eine Hebelstützanordnung 15 mit einer vorbestimmten Höhe und Trägerplatten 21A (auf denen schließlich Elektrodenabschnitte 21 gebildet werden) auf der Basis 15' bzw. den Basen 21' durch Ni-Plattierung gebildet (Fig. 5B).

Es ist festzuhalten, daß die Hebelstützanordnung 15 einen oberen Rippenabschnitt 15B aufweist, wie in Fig. 5C gezeigt.

Als nächstes wird eine Schicht 25 aus Harz wie beispielsweise Polyimid auf derjenigen Fläche des Substrats gebildet, auf der die festen Kontakte 13A, 13B, 14A, 14B, die unteren Elektroden 22A, 22B, die Hebelstützanordnung 15, die Trägerplatten 21A und die anderen darauf gebildet sind. Die Harzschicht 25 wird so gebildet, daß ihre Dicke etwas größer als die Höhe der Hebelstützanordnung 15 und der Trägerplatten 21A ist, und sie wird dann durch Ätzen so teilweise entfernt, daß die Hebelstützanordnung 15 und die Trägerplatten 21A freiliegen, wodurch eine ebene Fläche 25A gebildet wird. Des weiteren wird auf dieser ebenen Fläche 25A ein Film aus leitfähigem Metall (wie beispielsweise Rh), was letztlich die beweglichen Kontakte 16A, 16B werden, gebildet, gefolgt von der Bildung der beweglichen Kontakte 16A, 16B durch Maskierungs- und Ätzprozesse (Fig. 5C).

Danach wird weiteres Harz auf die ebene Fläche gebracht, so daß eine weitere ebene Fläche 25B entsteht, die komplanar zu den beweglichen Kontakten ist (Fig. 5D).

Im nächsten Schritt wird eine Isolierschicht 26 (beispielsweise aus SiO_2), die dazu dient, die Höhe eines Spalts zwischen der Hebelstützanordnung und der beweglichen Platte zu definieren gebildet, um die gesamte Fläche 25B der Harzschicht 25 zu bedecken, und auf jener Isolierschicht 26 wird eine Unterlage 18C aus Polysilicium oder ähnlichem mit einer Dicke gebildet, die im Vergleich zur Filmdicke der Isolierschicht 26 angemessen groß ist, und danach wird eine Deckschicht 18D aus Aluminium (Al) durch Sputtern auf die Unterlage geschichtet, wobei die geschichteten Lagen 18C und 18D eine bewegliche Platte 18 darstellen. Die bewegliche Platte 18 dient aufgrund des Vorhandenseins der leitfähigen Aluminiumschicht 18D als leitfähige Platte.

Anschließend wird beispielsweise ein Fotolack auf die obere Fläche der leitfähigen Schicht 18D aufgetragen, gefolgt von der Bildung eines Fotolackmusters nach Maßgabe der Formen der beweglichen Platte und jener Abschnitte, die letztlich die Positionshalteanordnungen 19 und die Elektrodenabschnitte 21 sein werden, wonach jene Abschnitte der leitfähigen Schicht 18D, bei denen der Fotolack entfernt wurde, durch einen Naßätz- oder Ionenfräsprozeß entfernt werden, um die Formen der beweglichen Platte 18, der Positionshalteanordnungen 19 und der Elektrodenabschnitte 21 zu bilden. Es ist festzuhalten, daß während dieses Ätzprozesses auch die Durchgangslöcher 18A durch jenen Teil der leitfähigen Schicht 18D und der Unterlage 18C in einem Bereich gebildet werden, der die bewegliche Platte 18 (Fig. 4) bilden wird.

Sobald die bewegliche Platte 18, die Positionshalteanordnungen 19 und die Elektrodenabschnitte 21 gebildet worden sind, werden diejenigen Abschnitte der Isolierschicht 26, die

aufgrund der Durchgangsöffnungen freiliegen und von der beweglichen Platte 18, den Positionshalteanordnungen 19 und den Elektrodenabschnitten 21 nicht bedeckt sind, entfernt (Fig. 5D).

Eine Maske M1 wird über jene Abschnitte der Isolierschicht 26 gelegt, die nicht der Mittenabschnitt 18E (entsprechend dem oberen Rippenabschnitt 15B der Hebelstützanordnung 15 und dessen umgebenden Abschnitten) sind, wie in Fig. 5E gezeigt, und dann wird die Isolierschicht 26 durch die in der beweglichen Platte 18 gebildeten Durchgangsöffnungen 18A hindurch mittels Naßätzen oder Trockenätzen weggeätzt, um einen Spalt G1 zwischen dem oberen Rippenabschnitt 15B der Hebelstützanordnung 15 und der beweglichen Platte 18 zu definieren (Fig. 5E).

Danach wird die Maske M1 entfernt, und mit der beweglichen Platte 18, den Positionshalteanordnungen 19 und den Elektrodenabschnitten 21, die als Masken dienen, wird nur die Harzschicht 25 weggeätzt, um einen Hohlraum G2 zwischen der beweglichen Platte 18 und dem Substrat 11 zu definieren (Fig. 5F).

Während des Entfernens der Isolierschicht 26 verbleiben die Abschnitte der Isolierschicht unterhalb der Elektrodenabschnitte 21, so daß die Elektrodenabschnitte 21 an den Halteplatten 21A befestigt bleiben, wodurch die bewegliche Platte auf dem Substrat gehaltert ist.

Mit der Bildung des Hohlraums G2 ist nun ein integrierter Mikroschalter gemäß Darstellung in den Fig. 1 bis 4 fertiggestellt. Es ist festzuhalten, daß der integrierte Mikroschalter mittels der Technik der Herstellung von Halbleiter-ICs hergestellt werden kann, so daß eine Vielzahl von integrierten Mikroschaltern in einer Charge in einer extrem kleinen Größe vollständig auf einem gemeinsamen Substrat hergestellt werden kann. Das in der Form eines Chips geschnittene Substrat 11 weist beispielsweise Dimensionen in der Größenordnung von 0,5 mm für die Breite W, 1,0 mm für die Länge L und 0,3 mm für die Dicke T auf. Zur Information sei erwähnt, daß die zur Bildung des Hohlraums verwendete Harzschicht 25 und die zur Bildung des Spalts G1 verwendete Isolierschicht 26 als Opferschichten bezeichnet werden.

Es ist hier klar, daß die Dimensionen der in den Fig. 1 bis 5 gezeigten Komponenten zum besseren Verständnis der Erfindung übertrieben sind und nicht die tatsächliche Größe darstellen. Dies gilt auch für die folgenden Zeichnungen.

Die Fig. 6 und 7 stellen eine zweite, modifizierte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß den Ansprüchen 1 und 2 dar. Diese Ausführungsform zeigt ein Beispiel, bei dem ein integrierter Mikroschalter mit einem Schaltungsaufbau gemäß Darstellung in Fig. 8 versehen ist. In den Fig. 6 bis 8 werden entsprechende Bezugszeichen für jene Komponenten verwendet, die den Komponenten in Fig. 1 bis 5 entsprechen.

Bei dieser Ausführungsform umfassen die festen Kontakte 13A und 14A durchgehende Signalleitungen, wie in Fig. 6 zu sehen, und die bewegliche Platte 18 ist aus einem elektrischen Leiter hergestellt und über die Elektrodenabschnitte 21 an einen Punkt CM gemeinsamen Potentials angeschlossen (Fig. 8), so daß der Umschaltvorgang so ausgeführt werden kann, daß bei Kontaktierung der beweglichen Platte 18 mit dem festen Kontakt 13A der feste Kontakt 13A wiederum mit dem Punkt cm gemeinsamen Potentials verbunden ist, um die Signalübertragung vom Anschluß 13A-1 zum Anschluß 13B-1 zu unterbrechen, und daß umgekehrt, wenn die bewegliche Platte 18 den festen Kontakt 14A kontaktiert, der feste Kontakt 14A wiederum mit dem Punkt cm gemeinsamen Potentials verbunden ist, um die Signalübertragung vom Anschluß 14A-1 zum Anschluß 14B-1 zu unterbrechen.

Diese bewegliche Platte 18 ist aus einem Mehrschichtenfilm aus Metallen gebildet. Zu diesem Zweck wird bei dem in den Fig. 5A bis 5F dargestellten Herstellungsprozeß, sobald die Harzschicht 25 gemäß Darstellung in Fig. 5D gebildet worden ist, durch Niederschlagen von Ti, Pd und Au nacheinander in der genannten Reihenfolge auf der gesamten Fläche 25D der Harzschicht 25 ein metallischer Mehrschichtenfilm durch Sputtern gebildet, wonach des weiteren eine Ni-Legierungsplattierung mit beispielsweise einer Dicke von etwa 20 µm auf dem Mehrschichtenfilm gebildet wird. Diese dicke Ni-Legierungsplattierungsschicht wird dann mit einem Fotolack überzogen, um ein Fotolackmuster zu bilden. Mit diesem Fotolackmuster als Maske werden die nicht benötigten Abschnitte der aus Ti, Pd, Au und Ni zusammengesetzten Metallschicht durch beispielsweise Ionenfräsen entfernt, um die bewegliche Platte 18, die Drehgelenke 19 und die Elektroden Elemente 21 zu bilden. Es ist klar, daß die beweglichen Kontakte auf der beweglichen Platte 18 aus einer Kondensatorstruktur aufgebaut sein können, die ein Metall zum Leiten von Wechselstrom und einen Isolierfilm enthält. Es ist des weiteren festzuhalten, daß während dieses Ätzprozesses Durchgangsöffnungen 18A gebildet werden, die jenen Teil des Mehrschichtenfilms in einem Bereich durchsetzen, der die bewegliche Platte 18 sein wird.

Da die Ti-Schicht durch ein auf HF basierendes chemisches Ätzmittel auf einfache Weise entfernt werden kann, wird eine Maske M1 über jene Teile des Mehrschichtenfilms gelegt, die nicht der Mittelabschnitt 18E (entsprechend dem oberen Rippenabschnitt der Auflegeranordnung und dessen umgebende Abschnitte) sind, und dann wird jener Teil der in diesem Mittelabschnitt 18E vorhandenen Ti-Schicht durch die Durchgangsöffnungen 18A hindurch weggeätzt, die in der beweglichen Platte 18 gebildet sind, um die Hebelstützanordnung 15 und die bewegliche Platte 18 voneinander zu trennen. Ein Spalt G1 entsprechend der Filmdicke der Ti-Schicht wird so zwischen der Hebelstützanordnung 15 und der beweglichen Platte 18 gebildet. Außerdem werden, da es bevorzugt ist, daß die Kontaktbereiche auf der beweglichen Platte 18 aus Pd gebildet sind, jene Teile der Ti-Schicht, die den Kontaktbereichen entsprechen, ebenfalls entfernt. Darüber hinaus ist klar, daß eine Harzschicht aus beispielsweise Fotolack als Opferschicht zwischen die Hebelstützanordnung 15 und die bewegliche Platte 18 eingebracht werden kann, falls gewünscht.

Die Fig. 9 bis 11 stellen eine dritte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß den Ansprüchen 1 und 2 dar. Diese Ausführungsform zeigt den Aufbau eines integrierten Mikroschalters, der zur Bildung einer in Fig. 11 dargestellten Umschaltanordnung geeignet ist. Bei dieser Umschaltanordnung ist eine Signalquelle SU an den Anschluß 13B-1 angeschlossen, so daß der Umschaltvorgang zwischen einer Position, bei der ein Signal aus der Signalquelle SU entnommen wird, und der anderen Position, in der eine derartige Signalübertragung unterbrochen ist, ausgeführt werden kann. Des weiteren ist festzuhalten, daß bei dieser Schaltung der Anschluß 14B-1 an einen Punkt cm gemeinsamen Potentials angeschlossen ist, so daß in der Position, in der die Signalübertragung unterbrochen ist, der Anschluß 14A-1 über den beweglichen Kontakt 16B mit dem Punkt cm gemeinsamen Potentials verbunden ist, um jegliches Entweichen des Signals aus der Signalquelle SU zum Anschluß 14A-1 zu verhindern.

Zu diesem Zweck sind die festen Kontakte 13A und 14A über einen Verdrahtungsleiter 17 (Fig. 9) verbunden, so daß die Wippbewegung der beweglichen Platte 18 alternierend die festen Kontakte 13A und 13B einerseits und die festen Kontakte 14A und 14B andererseits zwischen der Ein- (oder

Aus-)Position und der Aus- (oder Ein-)Position umschaltet, wodurch das Signal aus der Signalquelle SU zwischen dem EIN-Zustand für die Ausgabe am Anschluß 14A-1 und dem AUS-Zustand für die Unterbrechung des Signals umgeschaltet werden kann.

Die in den Fig. 9 bis 11 dargestellte Ausführungsform ist durch das Vorsehen des Verdrahtungsleiters 17 mit mehreren Merkmalen oder verbesserten Funktionen versehen, und ein derartiger integrierter Mikroschalter kann immer noch durch den gleichen Herstellungsprozeß wie den unter Bezug auf die Fig. 5A bis 5F beschriebenen hergestellt werden. Es ist des weiteren klar, daß andere Elemente wie beispielsweise Widerstände und Kondensatoren auf ähnliche Weise auf dem gleichen einzigen Substrat montiert und integriert werden können, um einen Schalter fertigzustellen.

Die Fig. 12 und 13 stellen eine vierte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß den Ansprüchen 15 bis 17 dar, bei dem die festen Kontakte Signalübertragungsleitungen umfassen, die an eine vorbestimmte Impedanz impedanzangepaßt sind. Diese Ausführungsform zeigt ein Beispiel, bei dem sich die festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B aus komplanaren Signalübertragungsleitungen zusammensetzen, was ein Typ von Streifenleitung ist. Genauer gesagt können Leiter 27A und 27B, die ein gemeinsames Potential aufweisen, auf entgegengesetzten Seiten jeweils der festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B angeordnet werden, um komplanare Signalübertragungsleitungen zu definieren. In diesem Fall muß die auf der Rückseite des Substrats 11 niedergeschlagene gemeinsame Potentialschicht 24 nicht notwendigerweise vorhanden sein.

Des weiteren sind bei dieser Ausführungsform die komplanaren Mikrostreifenleiter so dargestellt, daß sie durch Bildung einer zusätzlichen dickeren Isolierschicht 12' (Fig. 13) auf der Isolierschicht 12 und Bildung der festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B sowie der Leiter 27A und 27B mit gemeinsamen Potential auf der zusätzlichen Isolierschicht 12' hergestellt werden.

Außerdem ist bei dieser Ausführungsform festzuhalten, daß die Hebelstützanordnung 15 auf dieser zusätzlichen Isolierschicht 12' gebildet ist, während die unteren Elektroden 22A, 22B auf jenen Abschnitten der Isolierschicht 12 gebildet sind, die durch Bildung von Ausnehmungen 12'A in der Isolierschicht 12' freiliegen.

Die Fig. 14 bis 16 stellen eine modifizierte Form des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung dar, der mit oberen Elektroden 28A, 28B gemäß Anspruch 3 versehen ist, und eine fünfte sowie eine sechste Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 13, bei dem die beweglichen Kontakte 16A und 16B so konfiguriert sind, daß sie eine elastische Verformung ermöglichen. Bei diesen Ausführungsformen sind die oberen Elektroden 28A, 28B auf der oberen Fläche der beweglichen Platte 18 gebildet, so daß Anziehungskräfte zwischen den oberen Elektroden 28A, 28B und den jeweiligen unteren Elektroden 22A, 22B erzeugt werden können, um die bewegliche Platte 18 in beiden Richtungen in einer Wippbewegung zu schwenken, indem die oberen Elektroden 28A und 28B gesondert mit einer Treiberspannung über die jeweilige der Elektrodenabschnitte 21-1, 21-2 und die Drehgelenke 19-1, 19-2 versorgt werden. Während in Fig. 14 die bewegliche Platte 18 so dargestellt ist, daß sie keine Durchgangsöffnungen 18A aufweist, ist jedoch eine Anzahl an die bewegliche Platte durchsetzenden Durchgangsöffnungen 18A gebildet.

Diese Ausführungsformen sind außerdem durch den Aufbau gekennzeichnet, bei dem gemäß Darstellung in den Fig. 15 und 16 die beweglichen Kontakte 16A und 16B als Ab-

schnitte mit freiem Ende gebildet sind, die longitudinal (in der Richtung von rechts nach links in den Zeichnungen) von der beweglichen Platte 18 von deren entgegengesetzten Enden aus abstehen, so daß die abstehenden beweglichen Kontaktabschnitte in Kontakt mit den festen Kontakten 13A, 13B bzw. 14A, 14B bewegt werden können.

Die beweglichen Kontakte 16A und 16B sind dadurch flexibel, daß sie über die Enden der beweglichen Platte 18 hinaus verlängert sind. Aufgrund dieser Flexibilität ist klar, daß, wenn die beweglichen Kontakte 16A und 16B in Kontakt mit den festen Kontakten 13A, 13B bzw. 14A, 14B bewegt werden, sie vor der Kontaktierung der festen Kontakte elastisch verformt werden, was zu mehr oder weniger gleitenden oder reibenden Bewegungen der beweglichen Kontakte längs der festen Kontakte führt. Daher ist ersichtlich, daß diese Ausführungsformen auf eine Anordnung gerichtet ist, die auf der Basis der Erwartung ausgelegt ist, daß eine derartige gleitende Bewegung einen sogenannten Selbstreinigungsvorgang liefert. Die fünfte Ausführungsform von Fig. 15 zeigt den Aufbau, bei dem die beweglichen Kontakte geradlinig von der oberen Fläche der beweglichen Platte abstehen, während die sechste Ausführungsform von Fig. 16 den Aufbau zeigt, bei dem die beweglichen Kontakte über die obere Fläche der beweglichen Platte 18 ragen und dann um deren Endfläche herum verlaufen, bevor sie von der unteren Fläche der Platte aus abstehen.

Anhand von Fig. 17 wird ein Verfahren der Herstellung des integrierten Mikroschalters mit dem in Fig. 15 dargestellten Aufbau beschrieben. Eine beispielsweise aus SiO₂ gebildete zusätzliche Isolierschicht 12' wird auf dem Halbleitersubstrat 11 gebildet, die mit einer beispielsweise SiN enthaltenden Isolierschicht 12 überzogen worden war, wonach feste Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B auf der Isolierschicht 12' gebildet und Ausnehmungen 12'A in der Isolierschicht 12' gebildet werden, um die Isolierschicht 12 an den Bodenflächen der Ausnehmungen 12'A freizulegen. Untere Elektroden 22A, 22B, eine Basis 15' für die Hebelstützanordnung und Basen 21' für Trägerplatten 21A werden auf den freiliegenden Flächen der Isolierschicht gebildet. Des weiteren werden eine Hebelstützanordnung 15 und Trägerplatten 21A bis zu einer vorbestimmten Höhe auf der Basis 15' bzw. den Basen 21' durch beispielsweise Ni-Plattierung gebildet (Fig. 17A).

Als nächstes wird eine Schicht 25 aus Harz wie beispielsweise Polyimid durch Aufbringen auf die freiliegenden Flächen der Isolierschicht 12 gebildet, um eine ebene Fläche zu schaffen. Die Harzschicht 25 wird dann soweit zurückgeätzt, daß die obere Fläche der Hebelstützanordnung 15 freiliegt, um dadurch eine ebene Fläche 25A zu bilden, die mit der Isolierschicht 12' bündig ist. Dann wird eine Isolierschicht 26 aus beispielsweise Poly-Si, die einfach geätzt werden kann, auf der Harzschicht 25, die eine erste Opferschicht sein wird, und der Isolierschicht 12' gebildet. Ein isolierender Mehrschichtenfilm wird durch Niederschlagen von SiN, SiO₂ und SiN nacheinander in der genannten Reihenfolge durch Sputtern auf der Isolierschicht 26 gebildet. Dann wird ein Fotolackmuster als Maske über den isolierenden Mehrschichtenfilm gelegt, wonach die bewegliche Platte 18, die Positionshalteanordnungen 19 und die Elektrodenabschnitte 21 durch Trockenätzen gebildet werden. Diese geschichtete Struktur ist aufgrund ausgeglichener Spannungen weniger anfällig für Verziehen und ermöglicht damit die Schaffung einer beweglichen Platte 18 mit höherer Festigkeit. Es ist festzuhalten, daß durch dieses Trockenätzen auch eine Anzahl der in Fig. 4 gezeigten, die bewegliche Platte 18 durchsetzenden Durchgangsöffnungen 18A gebildet wird (Fig. 17B).

Als nächstes werden die ebene Fläche 25A und die Fläche

der beweglichen Platte 18 mit einem Maskierungsfilm überzogen, um ein Maskierungsmuster zu bilden, und nur jene Abschnitte der Isolierschicht 26, die unterhalb des Mittelabschnitts der beweglichen Platte 18 und der Positionshalteanordnungen 19 (nicht gezeigt in Fig. 17) liegen und nicht mit dem Maskierungsmuster bedeckt worden sind, werden durch die Durchgangsöffnungen 18A (vgl. Fig. 4) hindurch weggeätzt, um einen Spalt G1 zwischen der beweglichen Platte 18 und der Hebelstützanordnung 15 zu definieren, die somit durch den Spalt G1 voneinander getrennt sind. Danach wird der Maskierungsfilm entfernt, und ein Harz wie beispielsweise ein Fotolack wird auf die Fläche 25A aufgebracht, um eine Harzschicht 29 zu schaffen, die eine zweite Opferschicht werden wird. Die Harzschicht 29 wird dann zurückgeätzt, bis die obere Fläche der Hebelstützanordnung 15 freiliegt, um eine ebene Fläche 29A zu bilden (Fig. 17C).

Metallische Stoffe werden in der Reihenfolge Pd-Mo-Au auf die Fläche 29A der Harzschicht 29 geschichtet, die bündig mit der beweglichen Platte 18 ist. Dann werden nur jene Abschnitte der resultierenden Mehrmetallschicht, die letztlich zu den beweglichen Schalterkontakten 16A und 16B sowie den oberen Elektroden 28A, 28B werden, mit einer Ni-Plattierung überzogen. Mit dieser Ni-Plattierungsschicht als Maske werden dann jene nicht erforderlichen Teile der Mehrmetallschicht durch Ionenfräsen entfernt, um die beweglichen Kontakte 16A und 16B sowie die oberen Elektroden 28A, 28B zu bilden (Fig. 17D).

Als nächstes werden die Harzschichten 25 und 29 durch Ätzen entfernt, um einen Hohlraum G2 zwischen der beweglichen Platte 18 und dem Substrat 11 zu definieren, wodurch der integrierte Mikroschalter gemäß Fig. 15 fertiggestellt ist (Fig. 17E).

Fig. 18 stellt eine siebte Ausführungsform dar, die eine modifizierte Form der in den Fig. 14 bis 16 gezeigten Ausführungsform ist. Diese Ausführungsform zeigt den integrierten Mikroschalter mit dem Aufbau, bei dem eine Hebelstützanordnung 15, feste Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B sowie untere Elektroden 22A, 22B auf der ebenen Fläche eines Substrats 11 unter Zwischenlage einer Isolierschicht 12 zwischen diesen Elementen und dem Substrat gebildet sind und bei dem auf der beweglichen Platte 18 obere Elektroden 28A, 28B und bewegliche Kontakte 16A, 16B angebracht sind.

Die Bewegung der beweglichen Platte 18 wird durch die elektrostatische Antriebskraft bewirkt, die durch eine zwischen den unteren Elektroden 22A, 22B und den oberen Elektroden 28A, 28B angelegte Spannung erzeugt wird. Der Aufbau dieser Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß es unabhängig davon, ob das Substrat 11 aus einem Leiter, Halbleiter oder Isolator hergestellt ist, möglich ist, einen integrierten Mikroschalter zu bauen. Die Hebelstützanordnung 15 und die bewegliche Platte 18 sind aus einem Isolator gebildet.

Fig. 19 stellt eine achte Ausführungsform dar, bei der eine Hebelstützanordnung 15 durch das Substrat 11 selbst gebildet ist. Genauer gesagt wird in diesem Fall ein Halbleitersubstrat aus beispielsweise Si oder GaAs als Substrat 11 verwendet, welches einem Ätzprozeß unterzogen wird, um die Hebelstützanordnung 15 zu bilden, wonach die Isolierschicht 12 gebildet wird, auf der feste Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B sowie untere Elektroden 22A, 22B gebildet werden. Der Aufbau der beweglichen Platte ist gleich wie der in Fig. 18 gezeigte.

Die Fig. 20 und 21 stellen eine neunte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 4 dar, die durch den Aufbau der Antriebsanordnung für den Antrieb der beweglichen Platte 18 gekennzeichnet ist.

Genauer gesagt ist sie dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von unteren Elektroden 22A-1, 22A-2 und 22B-1, 22B-2 auf den entgegengesetzten Seiten der Hebelstützanordnung 15 den entsprechenden entgegengesetzten Schwenkendabschnitten der beweglichen Platte 18 gegenüber auf dem Substrat 11 angeordnet sind, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß, wenn eine Treiberspannung zwischen die unteren Elektroden 22A-1 und 22A-2 entsprechend einem der entgegengesetzten Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte 18 angelegt wird, eine Anziehungskraft auf dieses entsprechende eine Schwenkende ausgeübt wird, und wenn eine derartige Treiberspannung an die unteren Elektroden 22B-1 und 22B-2 entsprechend dem anderen Schwenkende umgeschaltet wird, eine Anziehungskraft auf das andere Schwenkende ausgeübt wird, um dadurch die Wippbewegung zu erzeugen.

Der Vorgang der Ausübung einer Anziehungskraft auf die bewegliche Platte 18 wird unter Bezug auf Fig. 21 beschrieben. Diese Ausführungsform macht Gebrauch von der Technologie des elektrostatischen Generators, der in der Arbeit "Electrostatic Levitation" von T. Higuchi, Measuring and Controlling, Band 38, Nr. 2, Februar 1999, Seiten 101-104 offenbart ist. Es ist jedoch festzuhalten, daß sich diese Veröffentlichung mit elektrostatischen Schweb- und Transportmechanismen beschäftigt, aber die Anwendung der Technologie auf die Antriebsanordnung zur Ausübung einer Wippbewegung weder offenbart noch nahelegt.

Fig. 21 ist eine Querschnittsansicht längs der Linie 21-21 von Fig. 20. Es ist ersichtlich, daß die bewegliche Platte 18 den unteren Elektroden 22B-1 und 22B-2 gegenüber angeordnet ist. Wenn angenommen wird, daß die bewegliche Platte 18 leitfähig ist, werden elektrostatische Kapazitäten C1 und C2 zwischen der unteren Elektrode 22B-1 und der beweglichen Platte 18 bzw. der unteren Elektrode 22B-2 und der beweglichen Platte 18 erzeugt.

Wenn eine Treiberspannung V_{DC} zwischen die unteren Elektroden 22B-1 und 22B-2 angelegt wird, wird elektrische Ladung in beiden elektrostatischen Kapazitäten C1 und C2 angesammelt, wodurch das Potential der beweglichen Platte 18 auf ein Potential stabilisiert wird, das etwa dem Mittel der zwischen die unteren Elektroden 22B-1 und 22B-2 angelegten Spannung V_{DC} entspricht.

Da die elektrostatischen Kapazitäten C1 und C2 geladen sind, treten elektrostatische Anziehungskräfte zwischen der unteren Elektrode 22B-1 und der beweglichen Platte 18 sowie zwischen der unteren Elektrode 22B-2 und der beweglichen Platte 18 auf.

Es ist klar, daß, wenn eine Treiberspannung zwischen die unteren Elektroden 22A-1 und 22A-2 entsprechend dem entgegengesetzten Schwenkende angelegt wird, absolut der gleiche Vorgang wie oben diskutiert auftritt.

Daher ist klar, daß die bewegliche Platte 18 durch alternierendes Anlegen der Treiberspannung V_{DC} zwischen das untere Elektrodenpaar 22A-1 und 22A-2 sowie zwischen das untere Elektrodenpaar 22B-1 und 22B-2 in wippender Weise geschwenkt werden kann.

Hinsichtlich des Materials, aus dem die bewegliche Platte 18 hergestellt ist, ist festzuhalten, daß, während sie im vorstehenden Beispiel als aus leitfähigem Material beschrieben wurde, keine spezielle Beschränkung auf das Material gegeben ist. Selbst die bewegliche Platte 18, die aus einem isolierenden Material aufgebaut ist, kann wippartig bewegt werden. Für Einzelheiten sei Bezug auf die vorgenannte Veröffentlichung "Measuring and Controlling", Band 38, Nr. 2, Februar 1999, Seiten 101-104 genommen.

Während bei der in Fig. 20 gezeigten Ausführungsform ein Paar von unteren Elektroden 22A-1 und 22A-2 oder 22B-1 und 22B-2 als für jedes der entgegengesetzten

Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte 18 vorgesehen dargestellt ist, ist die Anzahl der unteren Elektroden nicht auf ein Paar beschränkt, sondern es können auch drei oder mehr sein. In diesem Fall kann jedes Paar unterer Elektroden mit einer Treiberspannung beaufschlagt werden, und die Anwendung dieser Treiberspannung kann von einem Schwenkende zum anderen Schwenkende umgeschaltet werden, um dadurch die bewegliche Platte 18 wippartig zu bewegen.

Gemäß der in Fig. 20 gezeigten Ausführungsform besteht im Gegensatz zu den in den Fig. 1 oder 6 gezeigten Ausführungsformen kein Bedarf, Spannung an die bewegliche Platte 18 anzulegen. Daher besteht kein Bedarf, die Positionshalteanordnungen 19 mit einer elektrischen Verdrahtung zu versehen. Es ist somit klar, daß dies den Vorteil der Vereinfachung des Herstellungsprozesses im Vergleich zu dem in den Fig. 1 oder 6 gezeigten integrierten Mikroschalter bietet. Außerdem bietet dies den weiteren Vorteil, daß die Haftbarkeit verbessert werden kann, da keine elektrische Verdrahtung bei den Positionshalteanordnungen 19 umfassenden Drehgelenken erforderlich ist.

Die Fig. 22 bis 29 stellen eine zehnte und eine elfte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 11 dar. Der integrierte Mikroschalter gemäß Anspruch 11 ist durch den Aufbau der Positionshalteanordnungen 19, die Trägerstangen 18B umfassen, die einstückig mit der beweglichen Platte 18 gebildet sind, und auf dem Substrat 11 montierte Lageranordnungen 30 zum Aufnehmen der sie durchsetzenden Haltestangen 18B gekennzeichnet.

Jede der Lageranordnungen 30 umfaßt eine Trägerplatte 31, die sich von der planaren Fläche des Substrats 11 erhebt, und einen auf der Trägerplatte 31 vorgesehenen Bogen 32, um eine Höhlung 30A zu definieren, die von der Trägerplatte 31 und dem Bogen 32 umgeben ist, zum Aufnehmen der sie durchsetzenden Trägerstange 18B, um die bewegliche Platte 18 in Position zu halten. Während die Herstellungsverfahren der Trägerstange 18B, der Trägerplatte 31 und des Bogens 32 nachstehend beschrieben werden, sind bei der in Fig. 22 gezeigten zehnten Ausführungsform die Trägerplatte 31 und der Bogen 32 aus leitfähigem Material gebildet, und auch die bewegliche Platte 18 sowie die Trägerstange 18B sind aus einem leitfähigen Material hergestellt.

Es ist klar, daß die bewegliche Platte 18 über die Trägerplatten 38 mit einer Spannung beaufschlagt werden kann. Die Wippbewegung der beweglichen Platte 18 kann durch Anlegen eines Pols der Treiberspannung an die bewegliche Platte 18 und durch alternierendes Beaufschlagen jeweils einer der unteren Elektroden 22A und 22B mit dem anderen Pol der Treiberspannung ausgeführt werden.

Bei der in den Fig. 22 und 23 dargestellten zehnten Ausführungsform sind die bewegliche Platte 18 und die Trägerstange 18B aus einem leitfähigen Material hergestellt, so daß eine Anziehungskraft durch Anlegen eines elektrischen Felds zwischen die bewegliche Platte 18 und entweder die untere Elektrode 22A oder 22B erzeugt werden kann. Bei der in Fig. 24 dargestellten elften Ausführungsform sind jedoch ein Paar unterer Elektroden 22A-1, 22A-2 und ein anderes Paar unterer Elektroden 22B-1, 22B-2 auf dem Substrat 11 für das eine bzw. das andere der entgegengesetzten Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte 18 angeordnet, so daß eine Treiberspannung alternierend zwischen die unteren Elektroden 22A-1 und 22A-2 und zwischen die unteren Elektroden 22B-1 und 22B-2 angelegt werden kann, um die bewegliche Platte 18 wie bei der in der Fig. 20 dargestellten neunten Ausführungsform wippartig zu bewegen.

Es ist ersichtlich, daß die elfte Ausführungsform mit dem

in Fig. 24 dargestellten Antriebsmechanismus den Bedarf beseitigt, Spannung an die bewegliche Platte 18 anzulegen, und somit den Vorteil bringt, daß die bewegliche Platte 18 aus einem beliebigen gewünschten Material einschließlich eines Isolators oder Halbleiters und nicht notwendigerweise aus einem metallischen Material gebildet werden kann.

Bei dem Aufbau der in den Fig. 22 bis 24 dargestellten Ausführungsformen wird die bewegliche Platte 18 hauptsächlich durch die Hebelstützanordnung 15 für die Wippbewegung gehalten, und des weiteren werden die Trägerstangen 18 von der Lageranordnung 30 gegen ein Versetzen bezüglich der Position gehalten, so daß die bewegliche Platte 18 keiner externen Gegenkraft ausgesetzt ist und daher durch eine kleine Anziehungskraft wippartig bewegt werden kann. Außerdem können, selbst während sich die beweglichen Kontakte 16A und 16B in Kontakt mit den festen Kontakten 13A, 13B und 14A, 14B befinden, sie in ihrem stabilen Kontaktzustand gehalten werden, ohne daß eine Gegenkraft wirkt, um die beweglichen und festen Kontakte voneinander zu trennen.

Anhand der Fig. 25 bis 29 wird nun ein Verfahren (Anspruch 24) der Herstellung des in den Fig. 22 bis 24 dargestellten integrierten Mikroschalters beschrieben. Hier konzentriert sich die Beschreibung des Verfahrens vor allem auf die Trägerstangen 18B und die Lageranordnung 30.

Ein aus beispielsweise Silicium hergestelltes Substrat 11 wird gebildet, wonach eine gemeinsame Potentialschicht 24 und eine Isolierschicht 12 aus SiO_2 auf der Rückseite bzw. der Vorderseite des Substrats 11 gebildet werden (Fig. 25A).

Der nächste Schritt besteht darin, eine metallische Schicht auf der oberen Fläche der Isolierschicht 12 beispielsweise durch Dampfabcheidung niederzuschlagen, wonach metallische Schichtabschnitte 33, die Basen für Trägerplatten 31 (vgl. Fig. 23 und 24) sein werden, an jenen Stellen auf der Metallschicht gebildet werden, wo die Trägerplatten 31 zu bilden sind, und untere Elektroden 22A, 22B sowie feste Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B beispielsweise mittels eines Ätzprozesses unter Verwendung einer Fotolackmaske gebildet werden (Fig. 25B). Es ist festzuhalten, daß gemäß Fig. 25B auch ein metallischer Basisabschnitt 15', auf dem die Hebelstützanordnung 15 gebildet werden wird, hinter den metallischen Schichtabschnitten 33 gebildet wird.

Dann wird die Metallschicht beispielsweise mit einer Fotolackschicht so maskiert, daß nur die Metallschichtabschnitte 33 für die Trägerplatten und der metallische Basisabschnitt 15' für die Basis der Hebelstützanordnung freiliegen, wonach auf den Metallschichtabschnitten 33 und dem Metallschichtabschnitt 15' Metallplattierungsschichten gebildet werden, welche die Trägerplatten 31, die die Lageranordnungen 30 bilden, und die Hebelstützanordnung 15 werden (Fig. 25C).

Als nächstes wird eine erste Opferschicht 34 aus Fotolack bis zur gleichen Höhe wie die Trägerplatten 31 und die Hebelstützanordnung 15 und bündig mit ihnen gebildet. Dann wird eine Metallschicht über der gesamten Fläche dieser ersten Opferschicht 34 beispielsweise durch Dampfniedererschlag gebildet, wonach die Metallschicht geätzt wird, um ein vorbestimmtes Muster übrig zu lassen, um dadurch die beweglichen Kontakte 16A und 16B zu bilden (Fig. 25).

Nachdem die beweglichen Kontakte 16A und 16B gebildet worden sind, wird eine zweite Opferschicht 35 aus harzigem Material auf jenen Flächen der ersten Opferschicht 34 und der Trägerplatten 31 an Bereichen, wo die beweglichen Kontakte 16A und 16B nicht vorhanden sind, mit der gleichen Höhe wie jene beweglichen Kontakte so gebildet, daß eine mit den beweglichen Kontakten bündige ebene Fläche erhalten wird, wonach eine Metallschicht 36 auf der ge-

samten ebenen Fläche gebildet wird. Die obere Fläche dieser Metallschicht 36 wird dann mit einem dicken Film aus Fotolackmaterial bedeckt, um eine Dickfilmfotolackmustermaske für die bewegliche Platte 18 zu bilden. Dann wird der Rest der Metallschicht 36, der nicht der Teil zur Bildung der beweglichen Platte 18 und der Trägerstange 18B ist, beispielsweise durch Ionenfräsen entfernt, um die bewegliche Platte 18 und die Trägerstange 18B zu formen, die aus der Metallschicht 36 hergestellt sind. Während dieses Schrittes werden zwei Öffnungen 36A, 36B gebildet, welche die Metallschicht 36 an Stellen durchsetzen, die den zwei Trägerplatten 31 gegenüberliegen (vgl. Fig. 25, 26A und 28). Diese Öffnungen dienen der Bildung von Bogenpfeilern. Es ist festzuhalten, daß auch die nicht erforderlichen Peripherieabschnitte der Metallschicht 36 entfernt werden, um die gewünschten Formen der beweglichen Platte 18 und der Trägerstangen 18B zu bilden.

Mit der so geformten Metallschicht 36 als Maske werden des weiteren die zweite Opferschicht 35 durchsetzende Öffnungen 35A, 35B gebildet. Die nicht benötigten Peripherieabschnitte der zweiten Opferschicht werden gleichermaßen entfernt. Es ist festzuhalten, daß die Trägerplatten 31 und die erste Opferschicht 34 durch die ausgerichteten Öffnungen 36A, 35A und 36B, 35B freiliegen (Fig. 26A).

Nach dem in Fig. 26A gezeigten Stadium wird wiederum eine Fotolackschicht 37 auf der gesamten Fläche niedergeschlagen, d. h. der Fläche der Metallschicht 36, jener Flächen der ersten Opferschicht 34, die über die Öffnungen 36A, 35A und 36B, 35B freiliegen, und jener freiliegenden Flächen der ersten Opferschicht 34, welche die äußere Peripherie der beweglichen Platte 18 umgeben. Diese Fotolackschicht 37 wird als Dickfilm mit einer Dicke von etwa derjenigen der beweglichen Platte 18 gebildet (Fig. 26B).

Die Fotolackschicht 37 wird dann mit einem Muster der gleichen Form wie demjenigen der Metallschicht 36 (Form der beweglichen Platte 18 und der Trägerstangen 18B) belichtet, um jene Abschnitte der Fotolackschicht 37 zu entfernen, die über der Metallschicht 36 liegen. Als Folge wird die Metallschicht 36 innerhalb der Innenbereiche freigelegt, die durch die Fotolackschicht 37 begrenzt sind (Fig. 26C).

Als nächstes werden die so freigelegten oberen Flächen der Metallschicht 36 mit einer Metallplattierung überzogen, um eine Plattierungsschicht 38 zu bilden, deren Dicke etwa gleich derjenigen der gewünschten beweglichen Platte 18 ist. Die bewegliche Platte 18 und die Trägerstangen 18B sind somit aus dieser Plattierungsschicht 38 und der Metallschicht 36 aufgebaut. Des weiteren werden während der Belichtung der Dickfilmfotolackschicht 37 jene Teile des Fotolackfilms 37, welche die Öffnungen 36A, 35A und 36B, 35B gefüllt hatten, vorläufig mit Durchgangsöffnungen 37A, 37B versehen, die bis zu den Trägerplatten 31 reichen, so daß während der Bildung der Plattierungsschicht 38 Bogenpfeiler 38A, 38B gebildet werden, die von den Trägerplatten 31 emporragen (Fig. 26D).

Eine dritte Opferschicht 39 aus Fotolack wird wiederum auf den oberen Flächen des Fotolackfilms 37 und der Plattierungsschicht 38 niedergeschlagen, um eine Fotomustermaske zu bilden, welche ihrerseits dazu verwendet wird, Öffnungen 39A, 39B in der dritten Opferschicht 39 zu bilden, die in Verbindung mit den Bogenpfeilern 38A, 38B stehen, wonach eine Metallschicht 41 beispielsweise durch Dampfniederschlag auf der oberen Fläche der dritten Opferschicht 39 sowie den oberen Flächen der Bogenpfeiler 38A, 38B, die innerhalb der Öffnungen 39A, 39B freiliegen, gebildet wird (Fig. 27A).

Dann wird die obere Fläche der Metallschicht 41 mit einer vierten Opferschicht 42 aus Fotolack überzogen, in dem ein ihn durchsetzender länglicher Schlitz 42A gebildet wird,

der die Öffnungen 39A und 39B überspannt (Fig. 27B).

Die Bildung des länglichen Schlitzes 42A legt die Metallschicht am Boden des länglichen Schlitzes 42A frei. In diesem Zustand wird die obere Fläche der Metallschicht 41 innerhalb des länglichen Schlitzes 45A mit Metall plattiert, um eine Metallplattierungsschicht 43 zu bilden (Fig. 27B).

Wenn die Metallplattierungsschicht 43 auf der Metallschicht 41 gebildet ist, wird die vierte Opferschicht 42 entfernt, wobei außerdem gleichzeitig die Metallschicht 41 durch Ionenfräsen entfernt wird. Wenn dies erfolgt ist, dient die Plattierungsschicht offensichtlich als Maske, so daß der Abschnitt der Metallschicht 41 mit Ausnahme des Bereichs, der mit der Plattierungsschicht 43 bedeckt ist, entfernt wird. Des weiteren werden die dritte Opferschicht 49, der Fotolackfilm 37, die zweite Opferschicht 35 und die erste Opferschicht 34 beispielsweise durch Ätzen entfernt, wodurch die bewegliche Platte 18, die Trägerstangen 18B und die Bögen 32 hergestellt werden, wie in Fig. 27C gezeigt. Genauer gesagt sind die bewegliche Platte 18 und die Trägerstangen 18B aus der Plattierungsschicht 38 und der Metallschicht 36 aufgebaut, während sich die Bögen 32 aus den aus der Plattierungsschicht 38 gebildeten Pfeilern 38A, 38B, der Metallschicht 41 und der Plattierungsschicht 43 zusammensetzen. Es ist des weiteren festzuhalten, daß der Bogen 32 und die zugeordnete Trägerplatte 31 als einstückige Einheit gebildet sind, die eine Lageranordnung 30 bildet, wobei sich die entsprechende Trägerstange 18B durch die durch den Bogen 32 definierte Höhlung hindurch erstreckt.

Wie aus dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren hervorgeht, wird das Eigengewicht der beweglichen Platte 18 hauptsächlich von der Hebelstützanordnung 15 abgestützt, und eine Positionsversetzung sowie eine Entfernung vom Substrat 11 wird aufgrund der Trägerstangen 18B verhindert, die sich durch die Lageranordnung 30 hindurch erstrecken.

Da die Trägerplatten 31, die Trägerstangen 18B und die bewegliche Platte 18 hauptsächlich aus einer Plattierungsschicht mit Leitfähigkeit aufgebaut sind, ist es möglich, die bewegliche Platte 18 wippartig zu bewegen, indem ein Pol einer Treiberspannung an die Trägerplatten 31 und der entgegengesetzte Pol der Treiberspannung an eine der unteren Elektroden 22A und 22B angelegt und der Anschluß alternierend umgeschaltet wird, so daß elektrostatische Anziehungskräfte zwischen der beweglichen Platte 18 und entweder der einen oder der anderen der unteren Elektroden 22A und 22B erzeugt werden.

Die Fig. 30 bis 32 stellen eine zwölfte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 5 dar. Der integrierte Mikroschalter gemäß Anspruch 5 ist durch den Aufbau gekennzeichnet, mit dem die Bewegung der beweglichen Platte 18 durch eine Magnetkraft ausgeführt wird, die durch planare Spulen erzeugt wird.

Zu diesem Zweck sind planare Spulen 45A und 45B auf der beweglichen Platte 18 an Positionen gebildet, die symmetrisch um deren Schwenkachse sind, wie in Fig. 30 und 31 gezeigt. Die Anordnung ist so getroffen, daß, wenn ein Erregungsstrom durch eine der planaren Spulen 45A und 45B geleitet wird, eine Abstoßungskraft (oder Anziehungskraft) als Antwort auf ein äußeres Magnetfeld erzeugt wird, das durch Permanentmagnete 46A und 46B erzeugt wird, wie in Fig. 31 gezeigt, wodurch die beweglichen Kontakte 16A und 16B in und außer Kontakt mit den festen Kontakten 13A, 13B und 14A, 14B bewegt werden.

Während die Ausführungsform von Fig. 31 die Anordnung darstellt, bei der ein Erregungsstrom gesondert an eine der planaren Spulen 45A und 45B angelegt wird, ist festzuhalten, daß bei der in Fig. 32 gezeigten dreizehnten Ausführungsform die planaren Spulen 45A und 45B in entgegenge-

setzten Richtungen gewickelt und in Serie geschaltet werden können, so daß das Paar planarer Spulen 45A und 45B Magnetfelder in entgegengesetzten Richtungen erzeugt, wenn es von einem Paar Anschlüsse 21A-1 und 21A-2 mit Erregungsstrom versorgt wird. Demzufolge erzeugt, sobald eine der planaren Spulen 45A und 45B eine Abstoßungskraft oder eine Anziehungskraft gegen die Permanentmagnete 46A und 46B erzeugt, die andere der planaren Spulen eine Anziehungskraft oder eine Abstoßungskraft gegen die Permanentmagneten, so daß sie eine Verdoppelung des Drehmoments liefern.

Bei diesem Aufbau kann die Richtung des Schwenkens der beweglichen Platte 18 durch Umkehren der Richtung des Durchgangs des von den Anschlüssen 21A-1 und 21A-2 gelieferten elektrischen Stroms beliebig zwischen der Vorwärts- und der Rückwärtsrichtung gesteuert werden. Daher ist klar, daß bei der in Fig. 32 gezeigten dreizehnten Ausführungsform die Verdrahtung zum Liefern von Strom an die planaren Spulen 45A und 45B nur jeweils einfach für jede der entgegengesetzten Seiten der beweglichen Platte 18 vorgesehen werden muß, weshalb nur eine Positionshalteanordnung 19 an jedem der entgegengesetzten Seiten vorgesehen werden muß, was zu einer Vereinfachung des Aufbaus führt.

Eine bekannte Mehrschichtenverbindungstechnik wird bei den Kreuzungspunkten der gewickelten Spulen eingesetzt, um Kurzschlüsse zu verhindern.

Die Fig. 33 und 34 stellen eine vierzehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 6 dar. Der in den Fig. 33 und 34 gezeigte integrierte Mikroschalter ist eine modifizierte Form des in den Fig. 30 bis 32 gezeigten, durch planare Spulen getriebenen Mikroschalters.

Das konstruktive Merkmal dieser Ausführungsform besteht darin, daß einzelne Erregungsspulen unabhängig voneinander in Form einer Röhre oder eines Solenoids hergestellt werden und mittels harzartigem Material in Bohrungen montiert und befestigt werden, die in einem Substrat gebildet sind. Die Fläche des Substrats, in dem die Erregungsspulen oder -Solenoiden vergraben sind, wird dann einer Glättungsbehandlung unterzogen, wonach feste Kontakte auf der geglätteten Fläche gebildet und des weiteren die bewegliche Platte 18 gebildet sowie für eine wippartige Bewegung gehalten wird, um einen magnetisch getriebenen integrierten Mikroschalter fertigzustellen.

Während die Ausführungsform der Fig. 33 und 34 ein Beispiel darstellt, bei dem die bewegliche Platte 18 aus einem magnetischen Material gebildet ist, ist klar, daß ein Stück oder Stücke magnetischen Materials, vorzugsweise ferromagnetischen Materials, an der beweglichen Platte 18 befestigt werden kann bzw. können, um eine magnetische Anziehung zu erzeugen, wie bei der in den Fig. 38 und 39 gezeigten Ausführungsform.

Anhand der Fig. 35 bis 37 wird ein Verfahren der Herstellung des in den Fig. 33 und 34 dargestellten integrierten Mikroschalters beschrieben.

Ein Zusatzsubstrat 11A wird gebildet, wie in Fig. 35A dargestellt. Das Zusatzsubstrat 11A kann eine isolierende Platte oder eine leitende Platte aus beispielsweise Kupfer sein.

Eine Zwischentafel 11B wird auf einer Seite des Zusatzsubstrats 11A niedergeschlagen oder auf ihr befestigt, um ein Substrat 11 fertigzustellen. Die Zwischentafel 11B kann ebenfalls eine isolierende Platte oder eine leitende Platte sein. Das Zusatzsubstrat 11A braucht nur eine moderate mechanische Festigkeit aufzuweisen und unterliegt keinen speziellen Beschränkungen hinsichtlich der Dicke. Die Dicke der Zwischentafel 11B wird jedoch so gewählt, daß sie nicht kleiner als die Spulenlänge (Länge des magnetischen Kerns

62A) der Erregungsspulen 62 ist, die später beschrieben werden. Wenn die Länge des magnetischen Kerns 62A als Beispiel zu 0,6 mm gewählt wird, wird die Dicke der Zwischentafel 11B in der Größenordnung von 0,7 bis 0,8 mm gewählt.

Ein Satz von Bohrungen 63 durchsetzt die Zwischentafel 11B mit vorgegebenen Abständen (bestimmt in Abhängigkeit von der Länge der beweglichen Platte 18). Während die Zeichnungen die Schritte der Herstellung eines integrierten Mikroschalters darstellen, sollte klar sein, daß tatsächlich eine Mehrzahl von Sätzen derartiger Bohrungen 63 gebildet wird, um viele integrierte Mikroschalter gleichzeitig herzustellen. Die Bohrungen 63 können bereits zuvor die Zwischentafel 11B durchsetzend gebildet werden, bevor die Zwischentafel 11B mit den sie durchsetzenden Bohrungen 63 mittels Klebstoff an dem Zusatzsubstrat 11A befestigt wird.

Alternativ kann das Zusatzsubstrat 11A aus Kupfer gebildet sein, und eine Schicht Kupfer kann beispielsweise mittels eines Plattierungsprozesses auf einer Seite des aus Kupfer hergestellten Zusatzsubstrats 11A mit einer Dicke von 0,65 bis 0,70 mm niedergeschlagen werden, um eine Zwischentafel 11B zu bilden. In dem Fall, in dem die Zwischentafel 11B durch Plattierung gebildet wird, können die die Zwischentafel 11B durchsetzenden Bohrungen 63 mittels der Fotolithografiertechnologie gebildet werden. Die Bohrungen 63 sind bezüglich des Durchmessers so überdimensioniert, daß ein bestimmter Spalt zwischen dem äußeren Umfang der Erregungsspule 62 und der Innenwand der Bohrung 63 definiert ist.

In die entsprechenden Bohrungen 63 wird mit eingesetzten Erregungsspulen 62 harzartiges Material in die Bohrungen 63 gegossen, um sie zu füllen, insbesondere die Spalte 63A (vgl. Fig. 35B und 37), und zusätzlich wird das gleiche harzartige Material auf die Fläche der Zusatztafel 11B aufgetragen, um eine Harzschicht 64 mit einer gewünschten Dicke zu bilden (Fig. 35B).

Wenn sich die Harzschicht 64 verfestigt hat, werden die hervorstehenden Teile der Spulenelektroden 62C und des weiteren die Fläche der Harzschicht 64 bearbeitet, wonach eine Spiegelpolierung der Fläche der Harzschicht folgt (Fig. 35C).

Die Spulenelektroden 62C werden somit freigelegt und werden bündig mit der spiegelpolierten Fläche der Harzschicht 64. Auf dieser Fläche wird ein Metallfilm niedergeschlagen, und dann wird eine Fotolithografiertechnologie dazu verwendet, Verdrahtungsleiter 65 und Elektroden 66 (Fig. 33) in Kontakt mit den Spulenelektroden 62C zu bilden, um dadurch einen Stromversorgungsweg für die Erregungsspulen 62 zu schaffen, während gleichzeitig die festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B sowie Anschlußabschnitte 13A-1, 13B-1, 14A-1, 14B-1 sowie eine Basis 15' für die Hebelstützanordnung 15 und Basen 21' für Trägerplatten 31 aus einer leitfähigen Schicht gebildet werden.

Der nächste Schritt besteht darin, eine Maske aus beispielsweise Fotolack über diese Verdrahtungsleiter 65, Elektroden 66, festen Kontakte 13A, 13B, 14A, 14B, Anschlußabschnitte 13A-1, 13B-1, 14A-1, 14B-1 sowie Basisbereiche 15' und 21' der leitfähigen Schicht zu bilden und diejenigen Teile der Maske mit Öffnungen zu durchsetzen, bei denen die Hebelstützanordnung 15 und die Trägerplatten 31 zu bilden sind, um die Basisbereiche 15' und 21' der leitfähigen Schichtbereiche in den Öffnungen freizulegen, wonach eine Hebelstützanordnung 15 und Trägerplatten 31 auf jenen freigelegten Basisbereichen 15' und 21' der leitfähigen Schicht durch Plattierung gebildet werden (Fig. 35D).

Nach der Bildung der Hebelstützanordnung 15 und der Trägerplatten 31 kann der gleiche Prozeß wie der oben unter

Bezug auf die Fig. 25A bis 29 beschriebene dazu verwendet werden, eine bewegliche Platte und Trägerstangen 18B für die bewegliche Platte 18 zu bilden, um bewegliche Kontakte 16A, 16B auf den entgegengesetzten Schwenkendabschnitten der beweglichen Platte 18 zu bilden, und schließlich Bögen 32 über den Trägerplatten 31 zu bilden, um einen magnetisch getriebenen integrierten Mikroschalter gemäß den Fig. 38 und 39 fertigzustellen.

Es ist hier jedoch festzuhalten, daß sich der Prozeß in dieser Ausführungsform von dem oben unter Bezug auf die Fig. 25A bis 29 beschriebenen insofern unterscheidet, als magnetisches Material als Material verwendet wird, aus dem die bewegliche Platte 18 gebildet wird. Ein Beispiel eines geeigneten magnetischen Materials für den Zweck dieser Erfindung ist eine Eisen-Nickel-Legierung.

Bei dem Aufbau des magnetisch getriebenen integrierten Mikroschalters gemäß Darstellung in den Fig. 38 und 39 erzeugt das Anlegen eines Erregungsstroms an eine der Erregungsspulen 62 ein Magnetfeld, welches seinerseits so wirkt, daß eines der freien Schwenkenden der beweglichen Platte 18 zur bestromten Erregungsspule 62 hin angezogen wird, während einer der beweglichen Kontakte 16A und 16B entweder die festen Kontakte 13A und 13B oder die festen Kontakte 14A und 14B in leitende Verbindung bringt.

Die Erregungsspule 62, die sich aus Windungen zusammensetzt, die um einen magnetischen Kern 62A gewickelt sind, erzeugt ein Magnetfeld, dessen Stärke größer als diejenige der in den Fig. 30 bis 32 gezeigten planaren Spule ist. Dies bringt den Vorteil, daß der bewegliche Kontakt 16A oder 16B mit den festen Kontakten 13A, 13B oder den festen Kontakten 14A, 14B mit erhöhter Kontaktkraft kontaktiert werden kann, wodurch ein stabiler Kontaktzustand beibehalten wird.

Die Fig. 38 und 39 stellen eine fünfzehnte Ausführungsform dieser Erfindung dar, bei der die bewegliche Platte 18 aus einem nicht-magnetischen Material hergestellt ist und auf der Stücke 67 aus magnetischem Material für die magnetische Anziehung befestigt sind. Es ist festzuhalten, daß dieser Aufbau, bei dem die Stücke 67 für die magnetische Anziehung gesondert von deren beweglicher Platte 18 hergestellt werden, den Vorteil bietet, daß sogar die Verwendung von solchem Material möglich wäre, das andererseits nicht als bewegliche Platte 18 mittels eines Sputterverfahrens geformt werden könnte, und insbesondere die Verwendung eines Materials mit hoher magnetischer Permeabilität, wodurch ein integrierter Mikroschalter mit starker magnetischer Anziehungskraft geschaffen werden kann.

Außerdem kann der Kontaktdruck zwischen den Kontakten weiter erhöht werden, indem die Stücke 67 für die magnetische Anziehung zuvor mit den entgegengesetzten N-S Polaritäten längs der Richtung ihrer Dicke magnetisiert werden. Insbesondere kann ein Paar Stücke 67 für die magnetische Anziehung auf der beweglichen Platte 18 in der Nähe der entgegengesetzten Enden bezüglich ihres Schwenkzentrums befestigt werden, wobei die N-Polaritätsseiten beider Stücke nach oben gerichtet sind. Bei dieser Anordnung können die zwei Stücke 67 für die magnetische Anziehung unterschiedlich erregt werden, um Magnetfelder mit zueinander entgegengesetzter Polarität zu erzeugen, so daß eine Anziehungskraft an einem der Schwenkendabschnitte der beweglichen Platte 18 erzeugt wird, während eine Abstoßungskraft am anderen Ende erzeugt wird. Es ist damit klar, daß die Anziehungs- und die Abstoßungskraft zusammenwirken, um eine etwa zweifache Steigerung des Kontaktdrucks im Vergleich zu der in den Fig. 33 und 34 dargestellten Ausführungsform zu schaffen.

Fig. 40 stellt eine sechzehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch

18 dar. Diese Ausführungsform zeigt ein Beispiel, bei dem eine bewegliche Platte durch Mikrobearbeitungstechnologie so gebildet ist, daß sie einseitig eingespannt freitragend gelagert ist, während eine Erregungsspule 62 mit dem in Fig. 36 gezeigten Aufbau in ein Substrat 11 dem schwenkbaren freien Ende der beweglichen Platte 18 gegenüber eingebettet ist.

Bei dieser Ausführungsform ist die bewegliche Platte 18 aus einem leitfähigen magnetischen Material hergestellt, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß die elektrische Verbindung zwischen den Elektrodenbereichen 13A-1 und 14A-1 durch Bewegen des schwenkbaren freien Endes der beweglichen Platte 18 in und außer Kontakt mit dem festen Kontakt 13 hergestellt und unterbrochen wird.

Diese Ausführungsform weist den Vorteil eines einfachen Aufbaus auf, was zu einer verbesserten Herstellbarkeit führt. Der weitere Vorteil bei dieser Ausführungsform besteht darin, daß die Erregungsspule 62, die sich aus Windungen zusammensetzt, die um einen magnetischen Kern 62A gewickelt sind, eine starke magnetische Anziehungskraft erzeugt. Diese starke magnetische Anziehung liefert ein ausreichend große Kraft, um die bewegliche Platte 18 mit dem freitragenden Aufbau elastisch zu biegen, selbst obwohl sie eine gewünschte erhöhte mechanische Festigkeit aufweist. Demzufolge ist klar, daß dieser Aufbau die Nachteile des unter Bezug auf die Fig. 49 und 50 diskutierten Stands der Technik überwindet.

Fig. 41 stellt eine andere Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 19 dar. Diese Ausführungsform zeigt ein Beispiel, bei dem eine bewegliche Platte 18 durch Mikrobearbeitungstechnologie so gebildet ist, daß sie einseitig eingespannt freitragend gehalten ist, während ein fester Kontakt 13 auf einem anderen Auslegerelement 68 so getragen ist, daß er durch das freie Ende der beweglichen Platte 18 kontaktiert werden kann. In diesem Fall kann das den festen Kontakt haltende Auslegerelement 68 ein Leiter sein, der aus einem nicht-magnetischen Material hergestellt ist. Die Anordnung ist so getroffen, daß, wenn die bewegliche Platte in Kontakt mit dem festen Kontakt 13 bewegt wird, die bewegliche Platte 18 auf das den festen Kontakt haftende Element 68 drückt, um das letztere leicht zu biegen, wodurch eine gleitende Bewegung zwischen der beweglichen Platte 18 und dem festen Kontakt 13 verursacht wird, um einen Selbstreinigungsvorgang zwischen den Kontakten zu schaffen.

Die Fig. 42 und 43 stellen eine achtzehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 7 dar. Der integrierte Mikroschalter gemäß Anspruch 7 zeigt eine Anordnung, bei der Erregungsspulen 62 oberhalb der Oberseite der beweglichen Platte 18 angeordnet sind.

Auf dem Substrat 11 ist ein integrierter Mikroschalter gebildet, der dem in den Fig. 22 und 23 dargestellten ähnlich mit der Ausnahme ist, daß die Antriebsanordnung für die bewegliche Platte modifiziert ist. Genauer gesagt ist oberhalb des Substrats 11 ein zweites Substrat 72 durch Pfeiler 71 gehalten. Wie bei dem oben unter Bezug auf die Fig. 33 und 34 beschriebenen Aufbau setzt sich das zweite Substrat 72 zum Erzielen einer erhöhten Festigkeit aus einem Zusatzsubstrat 72A und einer Zwischentafel 72B zur Aufnahme der Erregungsspulen 62 in ihr zusammen. Die Zwischentafel 72B ist von Bohrungen 73 durchsetzt, in welche die Erregungsspulen 62 eingesetzt werden. Danach wird harzartiges Material in die Bohrungen 73 gegossen, um die zwischen den Erregungsspulen 62 und den Bohrungen 73 definierten Spalte zu füllen, um dadurch die Erregungsspulen 62 am Substrat 72 zu befestigen. Gleichzeitig wird harzartiges Material auch auf die freiliegenden Flächen der Erregungs-

spulen 62 und der Zwischentafel 72 aufgetragen, um eine Harzschicht 74 zu bilden, die dann spiegelpoliert wird, wonach Verdrahtungsleiter 65 auf der spiegelpolierten Fläche der Harzschicht 74 gebildet werden (Fig. 43).

Die Pfeiler 71 sind aus Leitern gebildet, an welche die Verdrahtungsleiter 65 angeschlossen sind, wodurch die Erregungsschaltungen der Erregungsspulen 62 über die leitfähigen Pfeiler 71 an die auf der Fläche des ersten Substrats 11 angeordneten Elektroden 66 elektrisch angeschlossen sind.

Es ist festzuhalten, daß die in den Fig. 42 und 43 dargestellte Anordnung, bei der die Erregungsspulen 62 zur Oberseite der beweglichen Platte 18 hin angeordnet sind, eine getrennte Bildung des mit der beweglichen Platte 18 versehenen ersten Substrats 11 und des zweiten Substrats 72, das mit den Erregungsspulen 62 versehen ist und vorgeformte Pfeiler 71 aufweist, die von ihm abstehen, ermöglicht, wodurch die zwei Substrate auf einfache Weise zusammengebaut werden können, um einen integrierten Mikroschalter fertigzustellen. Hierdurch wird eine einfache Herstellung realisiert.

Fig. 44 stellt eine neunzehnte Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 20 dar, der ein Mehrkontakt-Paketschalter ist.

Diese Ausführungsform schlägt eine bewegliche Platte 18 polygonaler Form vor, wobei in der Darstellung als ein Beispiel eine regelmäßige Trapezoidform verwendet wird. Eine Hebelstützanordnung 15 ragt von einem Substrat 11 an einer Stelle hoch, die im wesentlichen dem Zentrum der beweglichen Platte 18 entspricht. Die bewegliche Platte 18 weist Positionshalteanordnungen 19 auf, die sich von ihr aus im wesentlichen in der Mitte jeder der vier Seiten der beweglichen Platte 18 erstrecken. Während das obere Ende der Hebelstützanordnung 15 als halbkugelig dargestellt ist, ist klar, daß es eine beliebige Konfiguration aufweisen kann, die wipparartige Bewegungen der beweglichen Platte 18 in vier Richtungen ermöglicht. Vier dreieckige obere Elektroden 28A, 28B, 28C, 28D sind auf der oberen Fläche der beweglichen Platte 18 gebildet, jeweils eine an jedem ihrer vier Ecken. Bewegliche Kontakte 16A, 16B, 16C, 16D sind an der Unterseite der beweglichen Platte 18 an ihren vier Ecken gebildet. Die beweglichen Kontakte 16A bis 16D sind so ausgebildet, daß sie entsprechende Paare fester Kontakte 13A und 13B, 13A' und 13B' sowie 14A und 14B selektiv in und außer leitende Verbindung bringen. Die festen Kontakte 14A' und 14B' sind bereits direkt verbunden. Es ist ersichtlich, daß ein an einem der festen Kontakte 13A, 13A' eingegebenes Signal durch Bewegen des entsprechenden der beweglichen Kontakte 16A, 16B und 16C in Kontakt mit den entsprechenden der festen Kontakte 13A, 13B, 13A', 13B' und 14A, 14B am festen Kontakt 14A' entnommen werden kann. Der bewegliche Kontakt 16D ist über einen auf der rückseitigen Fläche der beweglichen Platte 18 gebildeten Verdrahtungsleiter elektrisch an die Hebelstützanordnung 15 angeschlossen, über die der Kontakt 16D an einen Punkt cm gemeinsamen Potentials angeschlossen ist.

Es ist festzuhalten, daß bei dieser Ausführungsform eine Leiterschicht (nicht gezeigt), deren Fläche zumindest gleich derjenigen der beweglichen Platte 18 ist, unterhalb jener Schicht der beweglichen Platte 18 gebildet, in der die festen Kontakte 13A, 13B, 13A', 13B', 14A, 14B, 14A', 14B' auf dem Substrat als untere Elektrode gebildet sind. Die bewegliche Platte 18 kann durch eine zwischen der unteren Elektrode und den oberen Elektroden 28A bis 28D erzeugten Kraft in jede gewünschte Richtung geneigt werden, wenn eine Treiberspannung über einen Anschluß 23A oder 23B an die untere Elektrode angelegt wird.

Bei dem Aufbau des in Fig. 44 dargestellten integrierten Mikroschalters kann ein Schaltungsaufbau vorgesehen wer-

den, wie er schematisch in Fig. 45 dargestellt ist. Dies ist genauer gesagt eine Schaltung, bei der ein an einem der festen Kontakte 13A, 13A' und 14A eingegebenes Signal am festen Kontakt 14A' ausgegeben werden kann. Es ist außerdem festzuhalten, daß, wenn alle beweglichen Kontakte 16A, 16B und 16C sich in ihren offenen Positionen befinden und der bewegliche Kontakt 16D mit dem festen Kontakt 14A' verbunden ist, letzterer über den beweglichen Kontakt 16D an den Punkt cm gemeinsamen Potentials angeschlossen ist, um ein Signalleck zu verhindern.

Fig. 46 stellt eine zwanzigste Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 21 dar, bei der eine Mehrzahl integrierter Mikroschalter SW1, SW2, ..., SW4 auf einem gemeinsamen Substrat 11 gebildet sind. Diese einzelnen Schalter sind über ein Verdrahtungsmuster verbunden, um eine gewünschte Schaltung (nicht gezeigt) zu bilden.

Fig. 47 stellt eine einundzwanzigste Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 22 dar, bei dem der Mikroschalter als in einem Gehäuse montiert dargestellt ist. Das heißt, der integrierte Mikroschalter SW, der ein Substrat 11 und eine bewegliche Platte 18 umfaßt, ist in einem geschlossenen Behälter 50 untergebracht, der aus ihm herausführende Anschlüsse 51, 52 aufweist, über die ein Schaltsignal für die Ein/Aus-Steuerung des Schalters angelegt wird. Der gasdichte Behälter 50 kann mit einem inerten Antioxidanzgas wie beispielsweise N₂ oder Ar für die praktische Verwendung des Schalters gefüllt sein kann.

Abhängig von dem Material, aus dem die festen Kontakte 13A, 13B, 14A, 14B und die beweglichen Kontakte 16A, 16B gebildet sind, ist es auch möglich, eine Mischung aus N₂ und O₂ zu verwenden.

Während die unteren Elektroden 22A, 22B und die oberen Elektroden 28A, 28B bei verschiedenen, oben beschriebenen Ausführungsformen als aus Metallfilmen gebildet dargestellt wurden, ist klar, daß auch dotierte Zonen im Substrat und/oder der beweglichen Platte für den Zweck der Verwendung derartiger dotierter Zonen als untere Elektroden 22A, 22B und/oder obere Elektroden 28A, 28B gebildet werden können.

Außerdem ist Fachleuten klar, daß die Konfiguration des die Positionshalteanordnung 19 umfassenden Drehgelenks nicht auf eine der speziellen Formen beschränkt ist, die bei den oben beschriebenen Ausführungsformen dargestellt wurden.

Fig. 48 stellt eine zweiundzwanzigste Ausführungsform des integrierten Mikroschalters dieser Erfindung gemäß Anspruch 14 dar. Diese Ausführungsform zeigt eine modifizierte Form der beweglichen Kontakte 16A, 16B und der festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B. Genauer gesagt sind bei dieser Ausführungsform zwei Paare beweglicher Kontakte, 16A, 16A und 16B, 16B so gebildet, daß sie sich von den entgegengesetzten Schwenkendabschnitten der beweglichen Platte 18 nach oben erstrecken und so gestaltet sind, daß sie in und außer Kontakt mit den festen Kontakten 13A, 13B bzw. 14A, 14B bewegbar sind, die auf jeweiligen Trägern 60 gebildet sind, die im Abstand oberhalb der oberen Fläche des Substrats 11 angeordnet sind.

Die beweglichen Kontakte 16A und 16B sind im wesentlichen konisch, weisen jedoch ebene oder abgerundete obere Flächen auf, die so geformt sind, daß sie eine Beschädigung der festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B verhindern, die durch die beweglichen Kontakte kontaktiert werden. Bei der in Fig. 48 dargestellten Ausführungsform sind die beweglichen Kontakte 16A, 16B direkt auf der beweglichen Platte 18 gebildet, die aus einem leitfähigen Material hergestellt ist, so daß die Leitfähigkeit der beweglichen Platte 18 dazu

verwendet werden kann, die festen Kontakte 13A und 13B bzw. die festen Kontakte 14A und 14B elektrisch zu verbinden bzw. zu trennen. Es ist zu beachten, daß, falls es erforderlich ist, daß die beweglichen Kontakte 16A, 16B elektrisch bezüglich der beweglichen Platte 18 isoliert sind, eine Metallschicht auf der beweglichen Platte mit einer zwischen der Metallschicht und der beweglichen Platte angeordneten Isolierschicht gebildet werden kann. Dann können zwei Paare beweglicher Kontakte 16A, 16A und 16B, 16B auf der Metallschicht gebildet werden, so daß eine elektrische Verbindung zwischen jedem Paar beweglicher Kontakte vorhanden ist.

In dem Fall, in dem die bewegliche Platte 18 aus einem isolierenden Material hergestellt ist, kann eine Metallschicht direkt auf der beweglichen Platte 18 gebildet werden. Auf dieser Metallschicht können zwei Paare beweglicher Kontakte 16A, 16A und 16B, 16B gebildet werden, so daß eine elektrische Verbindung zwischen jedem Paar beweglicher Kontakte vorhanden ist.

Die festen Kontakte 13A, 13B, 14A, 14B können beispielsweise durch Plattieren vor dem Schritt der Bildung der Träger 60 gebildet werden.

Die Träger 60 können durch den oben unter Bezug auf die Fig. 25 bis 29 beschriebenen Herstellungsprozeß gebildet werden. Die Träger 60 sind mit Ausnahme eines Zwischenisolatoreinsatzes 61, der jeden der Träger in der Mitte in zwei elektrisch voneinander getrennte Abschnitte unterteilt, hauptsächlich aus einem leitfähigen Material hergestellt. Einer der Abschnitte ist der feste Kontakt 13A, 14A, und der andere ist der Kontakt 13B, 14B.

Diese festen Kontakte 13A, 13B und 14A, 14B sind an Anschlüsse 13A-1, 13B-1 bzw. 14A-1, 14B-1 elektrisch angeschlossen.

Wie oben diskutiert, bietet der Aufbau, bei dem die beweglichen Kontakte 16A, 16B auf der Oberseite der beweglichen Platte 18 gebildet werden, den Vorteil der Vereinfachung des Herstellungsprozesses gegenüber dem Prozeß der Bildung der beweglichen Kontakte 16A, 16B auf der Rückseite der beweglichen Platte 18.

Des weiteren sollte festgehalten werden, daß die in Fig. 48 gezeigte Ausführungsform vorwiegend dafür gedacht ist, den Aufbau darzustellen, bei dem die beweglichen Kontakte 16A, 16B auf der Oberseite der beweglichen Platte 18 gebildet werden, und daß sie nicht beschränkt ist auf eine Kombination des Mechanismus zum Halten der beweglichen Platte 18, welche die Positionshalteanordnungen 19 umfaßt, die sich aus den Trägerstangen 18B und den Lageranordnungen 30 zusammensetzen, und des Mechanismus zum Wippen der beweglichen Platte 18, der zwei Paare unterer Elektroden 22A-1, 22A-2 und 22B-1, 22B-2 umfaßt, die in Gegenüberstellung auf dem Substrat 11 angeordnet sind, wie in Fig. 48 dargestellt. Es ist in anderen Worten Fachleuten ersichtlich, daß der Aufbau der beweglichen Kontakte 16A, 16B auf jeden Aufbau des integrierten Mikroschalters gemäß obiger Beschreibung anwendbar ist.

Vorteile der Erfindung

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, ist die bewegliche Platte 18 gemäß dieser Erfindung durch Mikrobearbeitungstechnologie hergestellt und so konfiguriert, daß sie in einer Wippbewegung bewegbar ist, um eine elektrische Verbindung und Unterbrechung zwischen beweglichen Kontakten und festen Kontakten auszuführen. Die bewegliche Platte 18 selbst zeichnet sich dadurch aus, daß sie keiner elastischen Verformung unterworfen ist. Daher ist es unwahrscheinlich, daß die bewegliche Platte einer Bruchgefahr unterliegt, was den Vorteil bringt, einen sehr haltbaren integrierten Mikro-

schalter zu schaffen.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß, wenn eine Gelenkanordnung als Positionshalteanordnung 19 für die bewegliche Platte 18 verwendet wird, eine derartige Gelenkanordnung nur die Position der beweglichen Platte 18 beibehalten muß, da das Gewicht der beweglichen Platte 18 hauptsächlich von der Hebelstützanordnung 15 abgestützt wird. Demzufolge wird für die Gelenkanordnung keine allzu große Festigkeit verlangt, um das gesamte Gewicht der beweglichen Platte 18 abzustützen, so daß sie derart geformt werden kann, daß sie auf einfache Weise elastisch verformbar ist. Außerdem kann der Aufbau gemäß dieser Erfindung, bei dem die bewegliche Platte 18 in einer Wippbewegung um die Hebelstützanordnung 15 herum bewegbar ist, die Federkraft minimieren, die von der Gelenkanordnung ausgeübt wird, und ermöglicht daher eine Bewegung der beweglichen Platte 18 selbst mit einer so schwachen Kraft wie der elektrostatischen Kraft, die bisher nicht als Schalterbetätigungskraft verwendet werden konnte, und ermöglicht die Ausübung eines starken Kontaktdrucks auf die festen Kontakte, um einen stabilen Kontaktzustand sicherzustellen.

Des weiteren schlägt diese Erfindung den Aufbau vor, bei dem sich die Positionshalteanordnung 19 für die bewegliche Platte 18 aus der Trägerstange 18B und der Lageranordnung 30 zusammensetzt. Dieser Aufbau unter Verwendung der Lageranordnung 30 erzeugt praktisch keine Gegenkraft gegen die Wippbewegung der beweglichen Platte 18 und gewährleistet daher eine Bewegung der beweglichen Platte 18 mit weiter reduzierter Anziehungskraft in dem Fall, in dem die Wippbewegung durch eine elektrostatische Kraft ausgeführt wird. Es wird außerdem der Vorteil erzielt, daß die bewegliche Platte 18 in einer stabilen Kontaktposition mit den festen Kontakten gehalten werden kann. Diesbezüglich liefert der elektromagnetisch betriebene integrierte Mikroschalter gemäß dieser Erfindung ein höheres Drehmoment zum Antreiben der beweglichen Platte 18, was zu einem stabileren Kontaktzustand führt.

Speziell der Aufbau unter Verwendung der Erregungsspulen 62 gemäß Darstellung in den Fig. 33 bis 43 ermöglicht eine weitere Erhöhung der Anziehungskraft, um dadurch den beträchtlichen Vorteil einer noch besseren Stabilisierung des Kontaktzustands des Schalters zu erzielen.

Außerdem ermöglicht es diese Erfindung in vorteilhafter Weise dadurch, daß die festen Kontakte 13A und 13B sowie 14A und 14B einen impedanzangepaßten Mikrostreifenleiteraufbau aufweisen, selbst Signale hoher Frequenz auf stabile Weise zu übertragen, ohne die Wellenformqualität zu verschlechtern, und ermöglicht daher die Ein/Aus-Steuerung von Signalen hoher Frequenz mit reduzierten Durchlaßverlusten und hohem Trennvermögen.

Schließlich bietet diese Erfindung des weiteren den Vorteil, daß der integrierte Mikroschalter gemäß dieser Erfindung durch die Mikrobearbeitungstechnologie hergestellt werden kann, weshalb sehr kleine, qualitativ hochwertige Mikroschalter in großen Mengen und damit kostengünstig hergestellt werden können.

Patentansprüche

1. Integrierter Mikroschalter, umfassend:
ein Substrat (11), das eine Hebelstützanordnung (15) aufweist, die von deren einer Fläche absteht, wobei die Hebelstützanordnung eine vorbestimmte Höhe aufweist und in einem oberen Rippenabschnitt endet;
eine bewegliche Platte (18), die eine längliche Form aufweist und auf dem Substrat so gehalten ist, daß die bewegliche Platte in ihrem Mittelabschnitt oberhalb der Hebelstützanordnung so positioniert ist, daß entge-

entgegengesetzte Endabschnitte der beweglichen Platte an entgegengesetzten Seiten der Hebelstützanordnung in einer Wippbewegung um den oberen Rippenabschnitt der Hebelstützanordnung herum bewegbar sind; eine Positionshalteanordnung (19) zum Befestigen der beweglichen Platte an dem Substrat derart, daß die bewegliche Platte für die Wippbewegung bewegbar gehalten wird;
 eine Antriebsanordnung zum Erzeugen einer Anziehungskraft zwischen dem Substrat und einem der jeweils an den entgegengesetzten Seiten der Hebelstützanordnung angeordneten entgegengesetzten Endabschnitte der beweglichen Platte und zum alternierenden Umschalten, der Erzeugung der Anziehungskraft zwischen den entgegengesetzten Endabschnitten, damit die bewegliche Platte gewippt wird;
 bewegliche Kontakte (16A, 16B), die an den entgegengesetzten Endabschnitten der beweglichen Platte an deren entgegengesetzten freien Enden befestigt sind; und feste Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B), die an dem Substrat befestigt und so gebildet sind, daß sie elektrisch mit den beweglichen Kontakten verbindbar und von ihnen lösbar sind, wenn die bewegliche Platte in der Wippbewegung bewegt wird.
 2. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung zwei untere Elektroden (22A, 22B), die auf dem Substrat (11) an entgegengesetzten Positionen angeordnet sind, die bezüglich der Hebelstützanordnung (15) symmetrisch sind, und die bewegliche Platte (18) umfaßt, die aus leitfähigem Material hergestellt ist, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine Treiberspannung selektiv und alternierend an die eine oder die andere der unteren Elektroden und die bewegliche Platte angelegt wird.
 3. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung zwei untere Elektroden (22A, 22B), die auf dem Substrat (11) an entgegengesetzten Positionen angeordnet sind, die bezüglich der Hebelstützanordnung (15) symmetrisch sind, und zwei obere Elektroden (28A, 28B) umfaßt, die den entsprechenden unteren Elektroden gegenüber auf der beweglichen Platte (18) gebildet sind, die aus einem nicht leitenden Material hergestellt ist, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine Treiberspannung selektiv und alternierend zwischen der einen oder der anderen der unteren Elektroden und der gegenüberliegenden der oberen Elektroden angelegt wird.
 4. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung eine Mehrzahl unterer Elektroden (22A-1, 22A-2, 22B-1, 22B-2), die auf dem Substrat (11) an jeweils entgegengesetzten Positionen angeordnet sind, die bezüglich der Hebelstützanordnung (15) symmetrisch zueinander sind, und die bewegliche Platte (18) umfaßt, die aus einem leitfähigen oder nicht leitfähigen Material hergestellt ist, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine Treiberspannung selektiv und alternativ zwischen der Mehrzahl unterer Elektroden angelegt wird, die an der einen oder der anderen der entgegengesetzten Positionen angeordnet sind.
 5. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung ebene planare Spulen (45A, 45B), die auf der beweglichen Platte (18) an entgegengesetzten Positionen gebildet sind, die bezüglich deren Schwenkmittelpunkt symmetrisch sind, und Permanentmagnetanordnungen (46A, 46B) umfaßt, welche so ausgebildet sind, daß sie ein zu den durch die planaren Spulen erzeugten Magnetfeldern paralleles

Magnetfeld erzeugen, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine Treiberspannung selektiv und alternativ an die eine oder die andere der planaren Spulen angelegt wird.

6. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung die bewegliche Platte (18), die aus einem magnetischen Material gebildet ist, und zwei Erregungsspulen (62B) umfaßt, die rohrförmig gewickelt sind und in dem Substrat (11) an entgegengesetzten, bezüglich der Hebelstützanordnung (15) symmetrischen Positionen eingebettet sind, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine Treiberspannung selektiv und alternativ an die eine oder die andere der Erregungsspulen angelegt wird.

7. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung die bewegliche Platte (18), die aus einem magnetischen Material gebildet ist, und zwei Erregungsspulen (62B) umfaßt, die von einem Zusatzsubstrat (72A) an entgegengesetzten, bezüglich der Hebelstützanordnung (15) symmetrischen Positionen gehalten sind, wobei das Zusatzsubstrat bezüglich des Substrats (11) so gehalten ist, daß es oberhalb der beweglichen Platte angeordnet ist, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine Treiberspannung selektiv und alternativ an die eine oder die andere der Erregungsspulen angelegt wird.

8. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung ein Paar Stücke (67) aus magnetischem Material für die magnetische Anziehung aufweist, die auf der beweglichen Platte (18) an entgegengesetzten, bezüglich der Hebelstützanordnung (15) symmetrischen Positionen befestigt sind, wobei die bewegliche Platte aus magnetischem Material gebildet ist, und ein Paar Erregungsspulen (62B), die den entsprechenden Stücken für die magnetische Anziehung gegenüberliegend in das Substrat (11) eingebettet sind, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine Treiberspannung selektiv und alternierend an die eine oder die andere der Erregungsspulen an den gegenüberliegenden symmetrischen Positionen angelegt wird.

9. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Antriebsanordnung ein Paar Stücke (67) für die magnetische Anziehung, die auf der aus nicht-magnetischem Material gebildeten beweglichen Platte (18) an entgegengesetzten, bezüglich der Hebelstützanordnung (15) symmetrischen Positionen befestigt sind, wobei die Stücke für die magnetische Anziehung in der Richtung ihrer Dicke die gleiche magnetische Polarisierung aufweisen, und ein Paar Erregungsspulen (62B) aufweist, die den entsprechenden Stücken für die magnetische Anziehung gegenüberliegend in das Substrat (11) eingebettet sind, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß das Paar Erregungsspulen Magnetfelder erzeugt, die einander entgegengesetzte Polaritäten aufweisen, und die Felder in Gegenrichtung umgeschaltet werden.

10. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Positionshalteanordnung (19) ein Paar elastisch verformbarer Drehgelenkanordnungen, die einstückig mit der beweglichen Platte (18) gebildet sind und sich von entgegengesetzten Längsseiten von ihren in der Mitte gelegenen Schwenkpunkten aus nach außen erstrecken, und ein Paar Trägerplatten (21A) umfaßt, die von dem Substrat (11) an zwei Stellen abstehen, die jeweils der Mitte von gegenüberliegenden Längsseiten der beweglichen Platte an deren Schwenkpunkten benachbart sind, wobei das freie Ende jeder

der Drehgelenkanordnungen einen an die entsprechende Trägerplatte angeschlossenen Elektrodenabschnitt aufweist.

11. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die Positionshalteanordnung (19) ein Paar Trägerstangen (18B), das einstückig mit der beweglichen Platte (18) gebildet ist und sich von entgegengesetzten Längsseiten an in deren Mitte gelegenen Schwenkpunkten aus nach außen erstreckt, und ein Paar Trägerplatten (31) umfaßt, die von dem Substrat an zwei Stellen hervorragen, die entgegengesetzten Längsseiten der beweglichen Platte an in deren Mitte gelegenen Schwenkpunkten benachbart sind, wobei die Trägerplatten Lagerbohrungen (30A) für die Aufnahme der entsprechenden, sie durchsetzenden Trägerstangen aufweisen.

12. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die beweglichen Kontakte (16A, 16B) an der Unterseite der beweglichen Platte (18) an deren freien Enden gebildet sind, während die festen Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) auf dem Substrat (11) an Positionen gebildet sind, die den entsprechenden beweglichen Kontakten gegenüberliegen, wobei die vorbestimmte Höhe der von dem Substrat aufragenden Hebelstützanordnung (15) größer ist als die Höhe der oberen Flächen der festen Kontakte über dem Substrat.

13. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die beweglichen Kontakte (16A, 16B) elastische Metallabschnitte umfassen, die an der beweglichen Platte (18) befestigt sind und sich von freien Enden der beweglichen Platte (18) in deren Längsrichtung einander entgegengesetzt nach außen erstrecken, wobei die elastischen Metallabschnitte dazu dienen, einen Selbstreinigungsvorgang zwischen den beweglichen Kontakten und den festen Kontakten zu schaffen.

14. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem ein Paar Träger (60) vorgesehen sind, die auf dem Substrat (11) an einer nach oben erhöhten Stelle oberhalb jeweiliger Endabschnitte der beweglichen Platte (18) befestigt sind, wobei die beweglichen Kontakte (16A, 16B) auf der Oberseite der beweglichen Platte in der Nähe freier Enden gegenüberliegender Endabschnitte von ihr gebildet sind, während die festen Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) kopfüber an den jeweiligen Trägern (60) den entsprechenden beweglichen Kontakten gegenüber befestigt sind.

15. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die festen Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) durch Leiter gebildet sind, die Signalübertragungsleitungen bilden, die an eine vorbestimmte Impedanz angepaßt sind.

16. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die festen Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) durch Leiter gebildet sind, die Mikrostreifenleiter bilden.

17. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die festen Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) durch Leiter gebildet sind, die komplanare Mikrostreifenleiter bilden.

18. Integrierter Mikroschalter, umfassend: feste Kontakte (13), die auf einem Substrat (11) gebildet sind;

einen Ausleger (18), der aus einem magnetischen Leiter hergestellt und an einem seiner Enden am Substrat befestigt ist, wobei das andere Ende des Auslegers frei und so bewegbar ist, daß es einem festen Kontakt, diesem gegenüber, nahekommt und sich von ihm entfernt; und

eine Erregungsspule (62B), die dem freien Ende des

Auslegers gegenüber angeordnet ist, wobei die Spule aus einem Draht gebildet ist, der rohrförmig gewickelt ist.

19. Integrierter Mikroschalter, umfassend:

einen beweglichen Ausleger (18), der aus einem magnetischen Leiter hergestellt ist und an einem seiner Enden an einem Substrat (11) befestigt ist;

einen Festkontakthalteausleger (68), der aus einem nicht-magnetischen Leiter hergestellt ist und auf dem ein fester Kontakt (13) in einer dem freien Ende des beweglichen Auslegers gegenüberliegenden, bezüglich diesem jedoch leicht versetzten Position gehalten wird; und

eine Erregungsspule (62B), die dem freien Ende des beweglichen Auslegers gegenüber angeordnet ist, wobei die Spule aus einem rohrförmig gewickelten Draht gebildet ist.

20. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die bewegliche Platte (18) eine Polygonalform aufweist und aus einem nicht-magnetischen Material hergestellt ist, die Hebelstützanordnung (15) unterhalb der Mitte der beweglichen Platte angeordnet ist, die Positionshalteanordnung (19) die polygonale bewegliche Platte so haltet, daß jeder Scheitel der polygonalen beweglichen Platte um die Hebelstützanordnung herum wippbar ist, die beweglichen Kontakte (16A, 16B, 16C, 16D) an der polygonalen beweglichen Platte an deren jeweiligen Scheiteln befestigt sind, die festen Kontakte an dem Substrat jeweils dem entsprechenden der beweglichen Kontakte gegenüber gebildet sind, die Antriebsanordnung so ausgebildet ist, daß sie die polygonale bewegliche Platte so antreibt, daß selektiv einer der Scheitel der beweglichen Platte angezogen wird, wodurch nur der dem ausgewählten der Scheitel entsprechende bewegliche Kontakt und der zugeordnete feste Kontakt (13A, 13A', 14A) in Kontakt miteinander gebracht werden, während die den anderen Scheiteln entsprechenden beweglichen Kontakte und die zugeordneten festen Kontakte nicht in Kontakt miteinander sind.

21. Integrierte Mikroschalteranordnung, bei der eine Mehrzahl integrierter Mikroschalter gemäß Anspruch 1 gemeinsam auf dem Substrat (11) gebildet ist.

22. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem der integrierte Mikroschalter in einem abgedichteten Gehäuse (50) untergebracht ist, wobei das abgedichtete Gehäuse mit inertem Gas gefüllt ist.

23. Verfahren zur Herstellung eines integrierten Mikroschalters, umfassend folgende Schritte:

Bilden eines Paares unterer Elektroden (22A, 22B) und fester Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) auf einer Fläche eines Substrats (11);

Bilden einer Hebelstützanordnung (15) auf dem Substrat in einem Zwischenraum zwischen dem Paar einander gegenüberliegender unterer Elektroden (22A, 22B);

Bilden einer Opferschicht (25) aus einem Material, das durch ein Ätzmittel entfernbar ist, wobei die Opferschicht eine Dicke aufweist, die etwa gleich der Höhe der Hebelstützanordnung ist;

Bilden beweglicher Kontakte (16A, 16B) auf einer Fläche der Opferschicht, die später an entgegengesetzten freien Enden einer beweglichen Platte (18) befestigt sein werden;

Bilden, auf der Opferschicht, einer Isolierschicht (26), die eine zu den beweglichen Kontakten komplanare Fläche aufweist;

Bilden einer Schicht (18D) aus leitfähigem Material

auf der Isolierschicht;
 Bilden der beweglichen Platte (18) und von Gelenkanordnungen (19) aus der Schicht leitfähigen Materials und Bilden von Öffnungen (18A) in der beweglichen Platte zur Verwendung beim nachfolgenden Ätzen;
 Entfernen der Isolierschicht, durch die Ätzöffnungen, in einem Abschnitt von ihr, der zwischen der Hebelstützanordnung und der beweglichen Platte gebildet ist; und
 Entfernen der Opferschicht durch Ätzen.
 24. Verfahren zur Herstellung eines integrierten Mikroschalters, umfassend folgende Schritte:
 Bilden einer Metallschicht auf einer Fläche eines Substrats (11);
 Bilden eines Paares unterer Elektroden (22A, 22B), einer Basis für eine Hebelstützanordnung (15), einer Basis (33) für Trägerplatten (31) und fester Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) aus der Metallschicht;
 Bilden von Plattierungsschichten mit einer vorbestimmten Höhe auf der Basis für die Hebelstützanordnung und der Basis für die Trägerplatten, um dadurch die Hebelstützanordnung und die Trägerplatten zu bilden;
 Bilden einer ersten Opferschicht (34) mit einer Dicke, die der Höhe der Hebelstützanordnung und der Trägerplatten gleich ist und die eine ebene Fläche aufweist, die komplanar zu den Flächen der Hebelstützanordnung und der Trägerplatten ist;
 Bilden beweglicher Kontakte (16A, 16B) auf der Fläche der ersten Opferschicht an Positionen, die den festen Kontakten gegenüberliegen;
 Bilden einer zweiten Opferschicht (35) auf der ersten Opferschicht derart, daß die Fläche der zweiten Opferschicht komplanar zu den Flächen der beweglichen Kontakte ist;
 Bilden einer leitfähigen Schicht (36) auf den Flächen der zweiten Opferschicht und den beweglichen Kontakten;
 Bilden eines Paares von die leitfähige Schicht und die zweite Opferschicht durchsetzenden Öffnungen (36A, 36B) an jeder der Positionen entsprechend den Trägerplatten zum Zweck der Bildung von Lageranordnungen (30);
 partielles Entfernen der leitfähigen Schicht derart, daß solche Abschnitte der leitfähigen Schicht verbleiben, daß die bewegliche Platte und ein Paar Trägerstangen (18B), die einstückig mit der beweglichen Platte gebildet sind und sich von ihr aus erstrecken, geformt werden;
 Bilden einer Fotolackschicht (37) mit einer Dicke, die ungefähr gleich derjenigen der beweglichen Platte in jenen Abschnitten der zweiten Opferschicht ist, aus der die leitfähige Schicht entfernt worden ist;
 Bilden eines Durchgangslochs (37A, 37B) in der Fotolackschicht an jedem ihrer Abschnitte, die sich in den Paaren der Öffnungen der leitfähigen Schicht und der zweiten Opferschicht befinden, so daß das Paar Trägerplatten durch die Durchgangslöcher freiliegt;
 Bilden von Metallplattierungsschichten (38) mit einer vorbestimmten Dicke auf jenen Flächen der leitfähigen Schicht, die in dem Bereich freiliegen, der durch die Fotolackschicht begrenzt ist, und auf jenen Flächen der Trägerplatten, die durch die Durchgangslöcher freiliegen, um dadurch die bewegliche Platte (18), die Trägerstangen (18B) und Pfeilerabschnitte (38A, 38B) der Lageranordnung zu bilden;
 Bilden einer dritten Opferschicht (39) auf einer Fläche, die komplanar zu den Flächen der Fotolackschicht, der

beweglichen Platte, der Trägerstangen und der Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen ist;
 Bilden von die dritte Opferschicht durchsetzenden Öffnungen (39A) derart, daß Flächen der Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen freiliegen;
 Bilden einer leitfähigen Schicht (41) im Inneren der Öffnungen und auf der gesamten Fläche der dritten Opferschicht;
 Bilden einer vierten Opferschicht (42) auf dieser leitfähigen Schicht;
 Bilden länglicher Schlitz (42A), welche die Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen in der vierten Opferschicht überspannen;
 Bilden von Plattierungsschichten (43) mit einer vorbestimmten Dicke auf jenen Flächen der leitfähigen Schicht, die in den länglichen Schlitz freiliegen, um einen Brückenabschnitt der Lageranordnung zu bilden, der dessen Pfeilerabschnitte überbrückt, um dadurch die Bildung der Lageranordnungen fertigzustellen; und
 Entfernen, nach der Fertigstellung der Lageranordnungen, der vierten Opferschicht; der durch das Entfernen der vierten Opferschicht freigelegten leitfähigen Schicht; der Fotolackschicht, die übriggelassen wurde, um die bewegliche Platte, die Trägerstangen und die Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen durch das Entfernen der leitfähigen Schicht zu begrenzen; sowie der zwischen der beweglichen Platte und dem Substrat gebildeten zweiten Opferschicht und ersten Opferschicht.
 25. Verfahren zur Herstellung eines integrierten Mikroschalters, umfassend folgende Schritte:
 Bilden eines Paares unterer Elektroden (22A, 22B), einer Basis (15') für eine Hebelstützanordnung (15) und einem Paar Basen (33) für Trägerplatten (31) auf einem Substrat (11);
 Bilden, auf dem Substrat, einer Isolierschicht (12'), die eine Aussparung (12'A) aufweist, um einen Teil des Substrats freizulegen, in dem die unteren Elektroden und die Basen gebildet werden;
 Bilden fester Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) auf der Isolierschicht;
 Bilden einer Hebelstützanordnung (15) und eines Paares Trägerplatten (31) jeweils mit einer Höhe, die etwa gleich derjenigen der Aussparung ist, auf den jeweiligen Basen hierfür;
 Bilden einer ersten Opferschicht (25) in der Aussparung derart, daß eine ebene Fläche, die komplanar zu den oberen Flächen der Hebelstützanordnung, der Trägerplatten, der ersten Opferschicht und der Isolierschicht ist, gewonnen wird;
 Bilden, auf der ebenen Fläche, einer Schicht (26) aus einem Isoliermaterial, die durch ein Ätzmittel entfernbar ist, und darauf geschichteter Schichten aus Isoliermaterialien;
 Bilden der beweglichen Platte (18) durch Ätzen der Schichten aus dem Isoliermaterial und der geschichteten Schichten aus den Isoliermaterialien, wobei die bewegliche Platte einstückig mit einem Paar Drehgelenke (19) gebildet ist, die sich von entgegengesetzten Längsseiten der beweglichen Platte von deren Mittelabschnitt aus erstrecken, und die auf der ersten Opferschicht angeordnet ist und eine Mehrzahl von Durchgangslöchern (18A) aufweist, um die erste Opferschicht darunter freizulegen, und wobei ein Paar Elektrodenabschnitte (21) einstückig mit Endanschlüssen des Paares Drehgelenke verbunden und auf den Trägerplatten angeordnet ist;
 Entfernen der zwischen der ersten Opferschicht und der beweglichen Platte gebildeten Schicht aus Isolier-

material durch das Ätzmittel nur in einem Abschnitt von ihr unterhalb eines Mittelabschnitts der beweglichen Platte, um dadurch einen Spalt (G1) zwischen der Hebelstützanordnung und der beweglichen Platte zu bilden;

Bilden einer zweiten Opferschicht (29) mit einer Höhe, die etwa gleich derjenigen der beweglichen Platte auf der Isolierschicht, auf der die festen Kontakte gebildet wurden, sowie auf der ersten Opferschicht ist, so daß eine zweite ebene Fläche, die komplanar zu oberen Flächen der beweglichen Platte und der zweiten Opferschicht ist, gewonnen wird;

Bilden einer Metall-Leiterschicht auf der gesamten zweiten ebenen Fläche;

Ätzen der Metall-Leiterschicht derart, daß ein Paar oberer Elektroden (28A, 28B) auf der beweglichen Platte an Stellen, die bezüglich der Hebelstützanordnung symmetrisch sind, Verdrahtungsleiterabschnitte auf den Drehgelenken sowie die Elektrodenabschnitte, die an die oberen Elektroden angeschlossen sind, und bewegliche Kontakte (16A, 16B) zu gewinnen, die sich von jeweiligen Endabschnitten der beweglichen Platte zur zweiten Opferschicht hin erstrecken; und

Entfernen der ersten Opferschicht und der zweiten Opferschicht, um dadurch einen zweiten Spalt (G2) zwischen der beweglichen Platte und dem Substrat zu bilden.

26. Verfahren zur Herstellung eines integrierten Mikroschalters, umfassend die folgenden Schritte:

Bilden einer Hebelstützanordnung (15) mit einer bestimmten Höhe auf einem Substrat (11);

Bilden eines Paares fester Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) auf dem Substrat an Stellen, die bezüglich der Hebelstützanordnung symmetrisch sind, wobei die festen Kontakte eine Höhe aufweisen, die kleiner als diejenige der Hebelstützanordnung ist;

Bilden, auf dem Substrat, einer Opferschicht, die eine Dicke aufweist, die etwa gleich der Höhe der Hebelstützanordnung ist, und die eine zur oberen Fläche der Hebelstützanordnung komplanare ebene Fläche aufweist;

Bilden, auf der Opferschicht, einer entfernbaren Schicht aus einem Material, das durch eine Ätzlösung entferntbar ist;

Bilden, auf der entfernbaren Schicht, einer beweglichen Platte (18), eines Paares von Drehgelenken (19), die mit der beweglichen Platte verbunden sind, und eines Paares von Elektrodenabschnitten (21A, 21B, 21A', 21B'), die mit den Drehgelenken aus einem nicht leitfähigen Material verbunden sind;

Bilden einer zweiten Opferschicht, die eine Dicke aufweist, die etwa gleich derjenigen der beweglichen Platte auf der entfernbaren Schicht an Stellen ist, an denen die festen Kontakte gebildet worden sind, und die eine ebene Fläche aufweist, die komplanar zu oberen Flächen der beweglichen Platte ist;

Bilden von Planarspulen (45A, 45B) auf der beweglichen Platte an Stellen, die symmetrisch bezüglich der Hebelstützanordnung sind, und von Verdrahtungsleitern, die an die Planarspulen angeschlossen sind, zum Liefern eines Treiberstroms an das Paar von Planarspulen;

Bilden beweglicher Kontakte (16A, 16B), die entgegengesetzte freie Enden der beweglichen Platte und die zweite Opferschicht überspannen;

Entfernen der entfernbaren Schicht, um die bewegliche Platte von der Hebelstützanordnung zu trennen; und

Entfernen der ersten und der zweiten Opferschicht, um

die bewegliche Platte vom Substrat zu trennen.

27. Verfahren zur Herstellung eines integrierten Mikroschalters, umfassend die folgenden Schritte:

Bilden eines Paares von Bohrungen (63) in einer Fläche eines Substrats (11);

Montieren von Erregungsspulen (62) in den Bohrungen, wobei jede Spule rohrförmig gewickelt ist und Elektroden (62) an entgegengesetzte Enden der Spule so angeschlossen sind, daß sich die Elektroden an einer Endfläche der rohrförmigen Spule befinden;

Aufbringen eines Harzmaterials (64) auf die obere Fläche der Erregungsspulen und auf die obere Fläche des Substrats, um eine Harzschicht zu bilden, wonach das Harzmaterial ausgehärtet wird, um dadurch die Erregungsspulen in den Bohrungen zu befestigen;

Bearbeiten der oberen Fläche der Harzschicht und der auf die Erregungsspulen montierten Elektroden, wonach die Fläche der Harzschicht spiegelpoliert wird;

Bilden von Metallschichten, Verdrahtungsleitern (65), die an die Elektroden der Erregungsspulen angeschlossen sind, Elektroden (66) zum Anlegen eines Treiberstroms an die Verdrahtungsleiter, festen Kontakten (13A, 13B, 14A, 14B), einer Leiterbasis (15') für eine Hebelstützanordnung (15) und ein Paar von Leiterbasen (21') für Trägerplatten (31) auf der spiegelpolierten Fläche der Harzschicht;

Bilden erster Plattierungsschichten mit einer vorbestimmten Dicke auf der Basis für die Hebelstützanordnung und den Basen für die Trägerplatten, um dadurch die Hebelstützanordnung und ein Paar Trägerplatten zu bilden;

Bilden einer ersten Opferschicht (34), die eine Dicke gleich derjenigen der Hebelstützanordnung und der Trägerplatten aufweist, um eine ebene Fläche zu gewinnen, in der obere Flächen der Hebelstützanordnung und der Trägerplatten freiliegen;

Bilden beweglicher Kontakte (16A, 16B) auf der Fläche der ersten Opferschicht an Stellen, die den festen Kontakten gegenüberliegen;

Bilden einer zweiten Opferschicht (35) auf der ersten Opferschicht derart, daß die Fläche der ersten Opferschicht bündig mit den Flächen der beweglichen Kontakte ist;

Bilden einer ersten leitfähigen Schicht (36) auf der zweiten Opferschicht und den beweglichen Kontakten;

Bilden eines Paares von Öffnungen (37A, 37B), welche sowohl die leitfähige Schicht als auch die zweite Opferschicht durchsetzen, um jeweils Oberflächenabschnitte der Trägerplatten freizulegen, um Pfeilerabschnitte (38A, 38B) von Lageranordnungen (30) zu bilden;

teilweises Entfernen der leitfähigen Schicht, um solche Abschnitte der leitfähigen Schicht übrigzulassen, daß die bewegliche Platte und ein Paar von Trägerstangen (18B) geformt werden, die sich von der beweglichen Platte aus erstrecken;

Bilden einer Fotolackschicht (37) durch Niederschlagen mit einer Dicke ungefähr gleich der beweglichen Platte auf jenen Abschnitten der zweiten Opferschicht, bei denen die leitfähige Schicht entfernt worden ist;

Bilden zweiter Plattierungsschichten (38) mit einer vorbestimmten Dicke auf jenen Flächenabschnitten der leitfähigen Schicht, die in dem Bereich freiliegen, der durch die Fotolackschicht begrenzt wird, und auf jenen Flächenabschnitten der Trägerplatten, die durch die Öffnungen freigelegt wurden, um dadurch die bewegliche Platte, die Trägerstangen und die Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen zu bilden;

Bilden einer dritten Opferschicht (39) auf planaren Flächen, die durch die Flächen der Fotolackschicht, der beweglichen Platte, der Trägerstangen und der Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen definiert sind;
 Bilden von die dritte Opferschicht durchsetzenden Öffnungen (39A) derart, daß die oberen Flächen der Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen freiliegen;
 Bilden einer zweiten leitfähigen Schicht (41) im Inneren der Öffnungen (39A) und auf der Fläche der dritten Opferschicht;
 Bilden einer vierten Opferschicht (42) auf dieser leitfähigen Schicht;
 Bilden länglicher Schlitze (42A) in der vierten Opferschicht, welche die Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen überspannen;
 Bilden dritter Plattierungsschichten (43) mit einer vorbestimmten Dicke auf jenen Flächen der zweiten leitfähigen Schicht, die in den länglichen Schlitzen freiliegen, um die Lageranordnungen fertigzustellen;
 Entfernen der vierten Opferschicht;
 Entfernen der zweiten leitfähigen Schicht, die durch das Entfernen der vierten Opferschicht freigelegt wurde;
 Entfernen der Fotolackschicht, die durch das Entfernen der zweiten leitfähigen Schicht so übriggelassen wurde, daß sie die bewegliche Platte, die Trägerstangen und die Pfeilerabschnitte der Lageranordnungen umgibt; und
 Entfernen der zweiten Opferschicht und der ersten Opferschicht, die zwischen der beweglichen Platte und dem Substrat gebildet wurden.

28. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die bewegliche Platte (18) anfangs so gebildet wird, daß sich ein Teil der Unterseite der beweglichen Platte über eine Filmschicht mit einer minimalen Filmdicke in Kontakt mit dem oberen Rippenabschnitt der Hebelstützanordnung (15) befindet, und sich der verbleibende Teil der Unterseite der beweglichen Platte über eine Harzschicht in Kontakt mit dem Substrat (11) befindet, wobei die Harzschicht eine Dicke aufweist, die ungefähr der Höhe der Hebelstützanordnung entspricht und die bewegliche Platte letztlich durch die Positionshalteanordnung (19) an dem Substrat gehalten ist, wenn die Filmschicht und die Harzschicht entfernt sind.

29. Integrierter Mikroschalter nach Anspruch 1, bei dem die bewegliche Platte (18) von den Positionshalteanordnungen (19) so gehalten ist, daß die beweglichen Kontakte (16A, 16B) und die festen Kontakte (13A, 13B, 14A, 14B) keine Verbindung zueinander aufweisen, während die Treiberanordnung die bewegliche Platte deaktiviert.

Hierzu 30 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

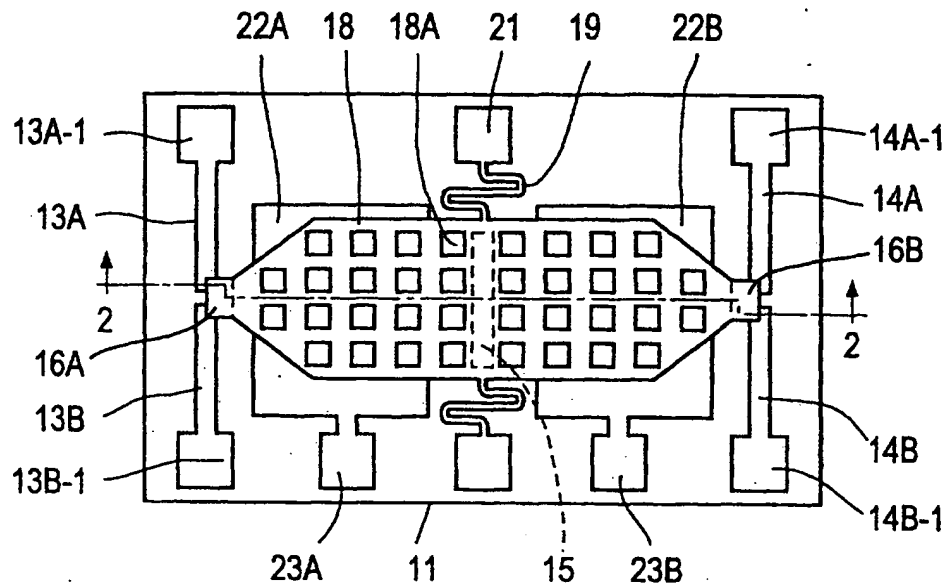


FIG. 2

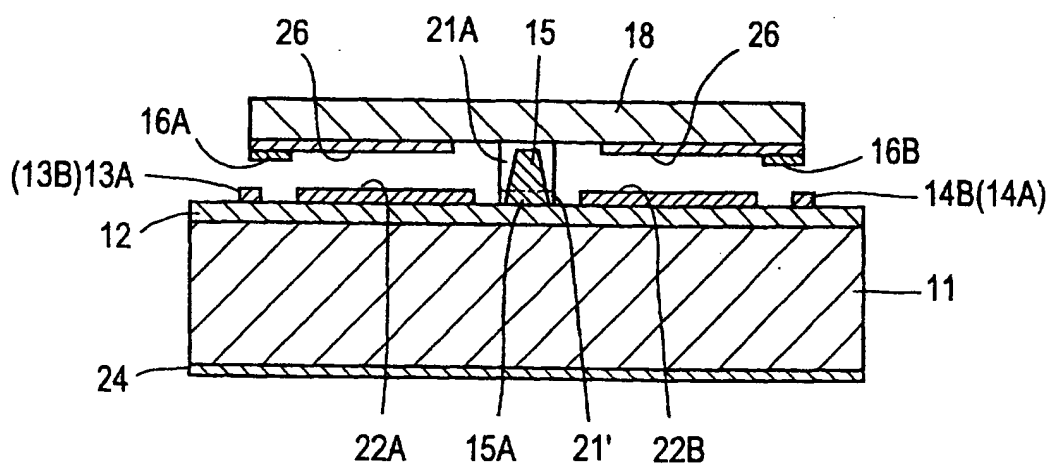


FIG. 3

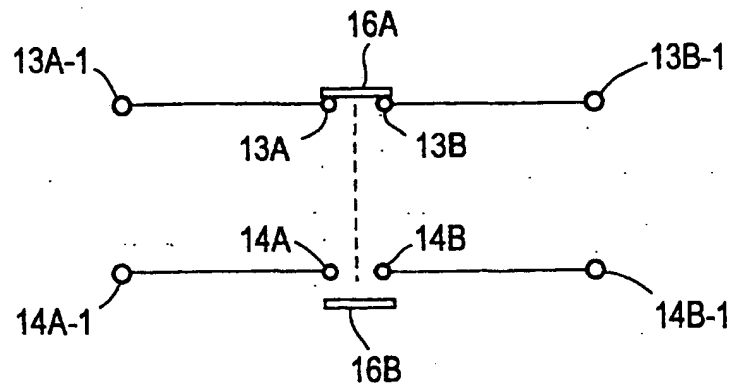


FIG. 4

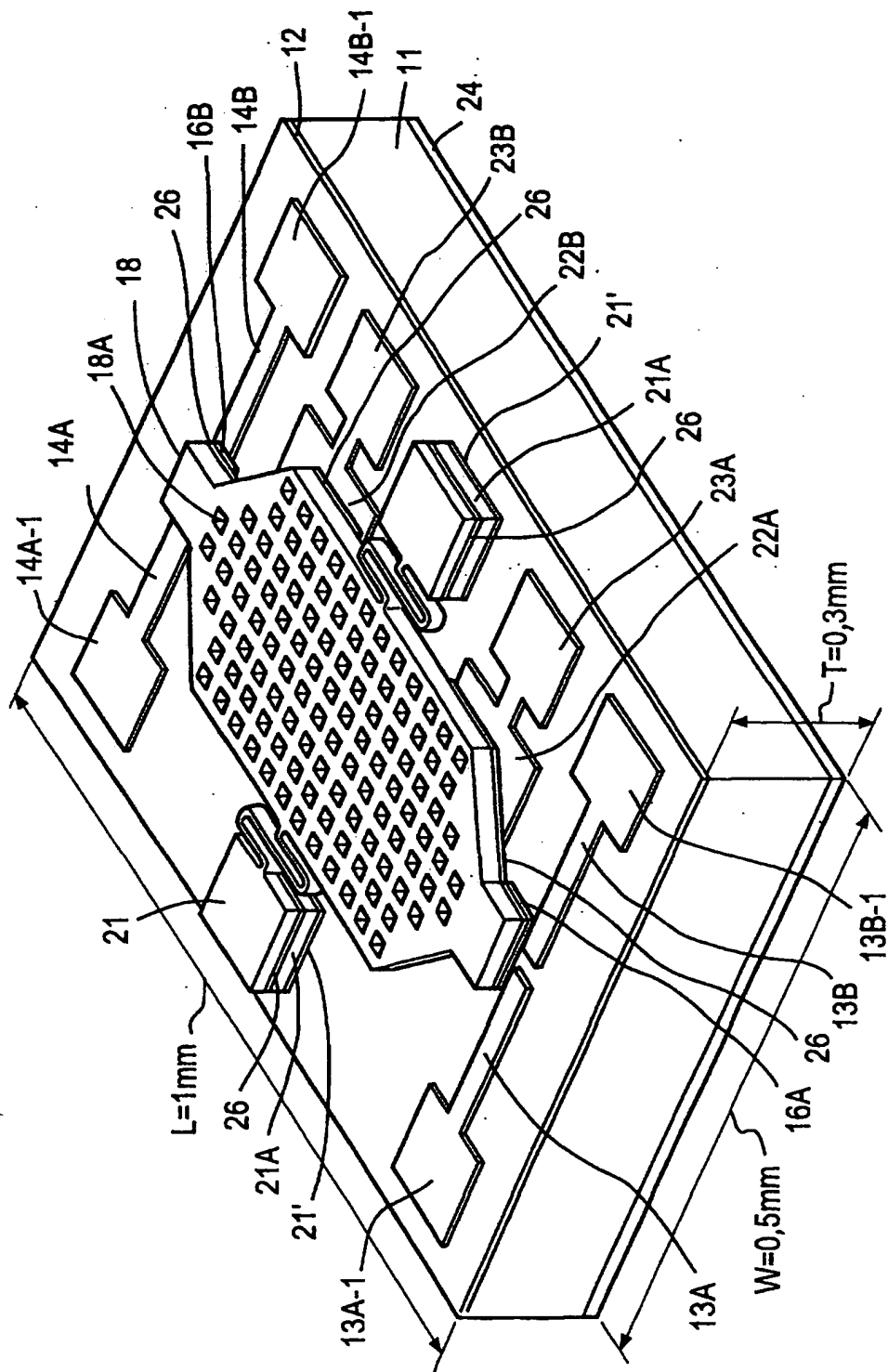


FIG. 5A

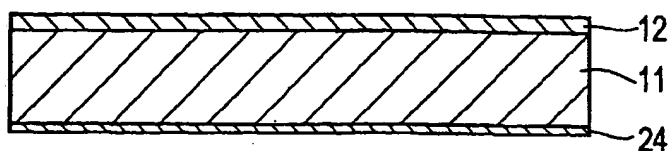


FIG. 5B

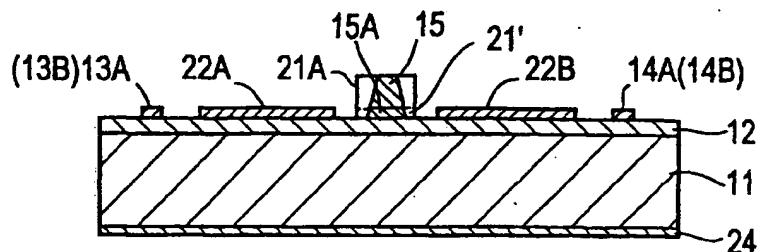


FIG. 5C

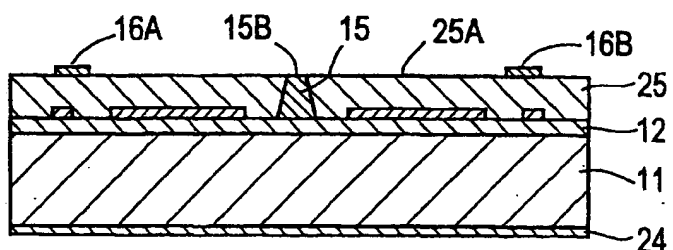


FIG. 5D

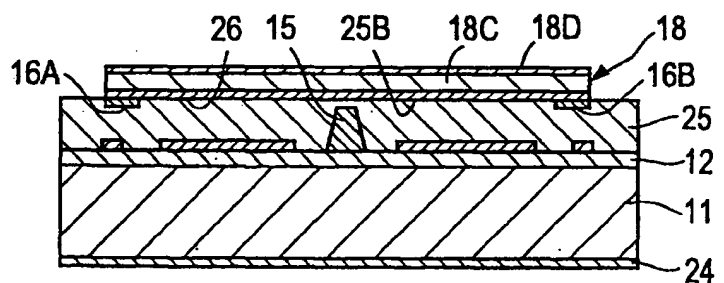


FIG. 5E

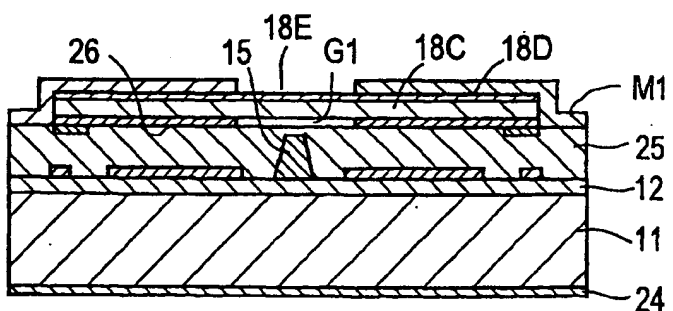


FIG. 5F

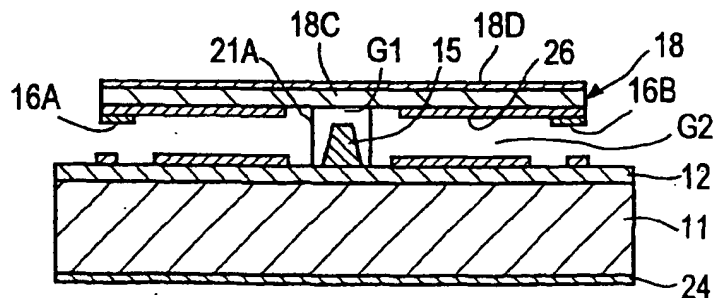


FIG. 6

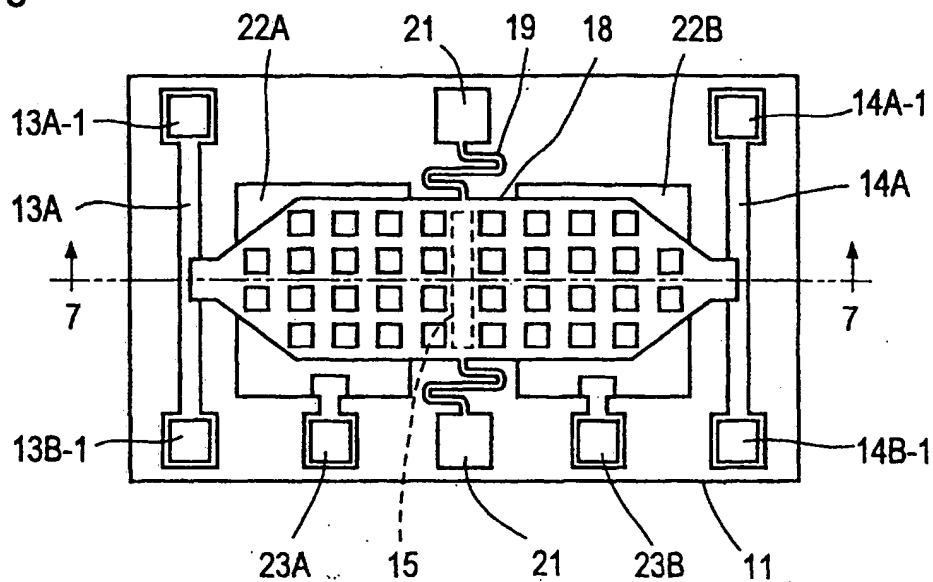


FIG. 7

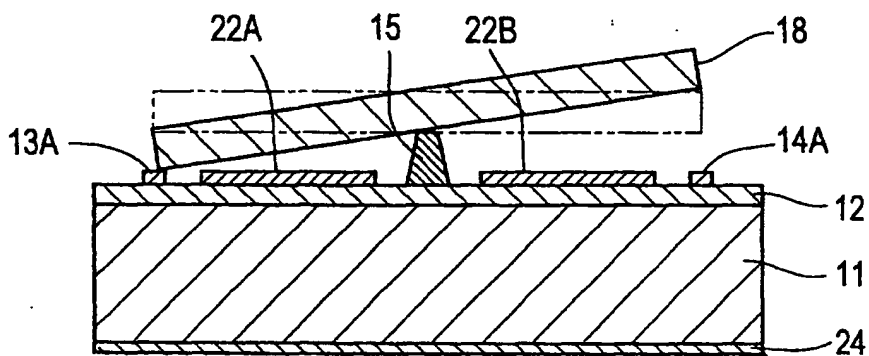


FIG. 8

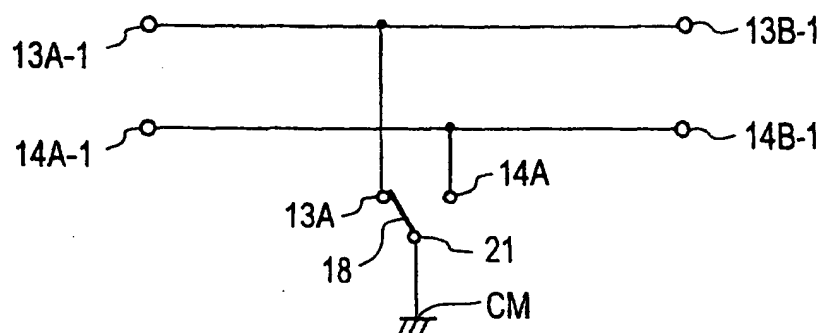


FIG. 9

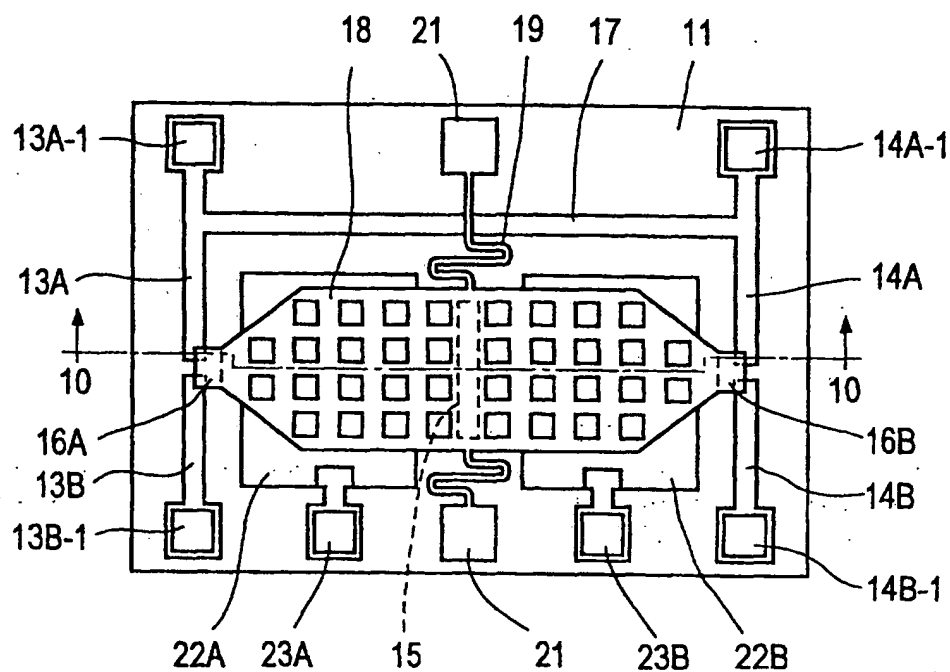


FIG. 10

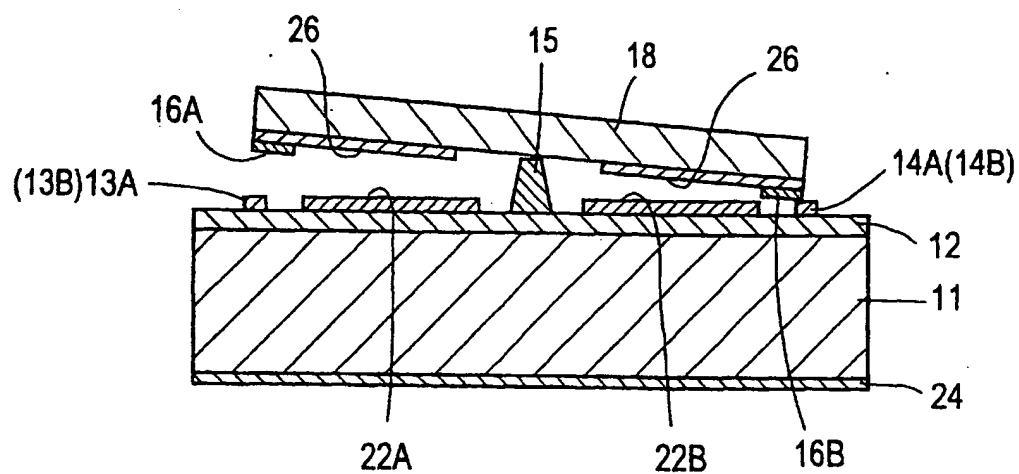


FIG. 11

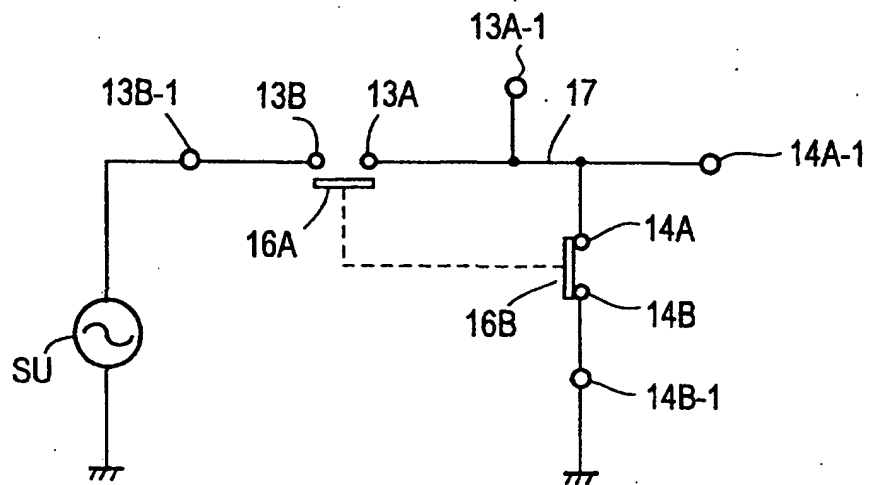


FIG. 12

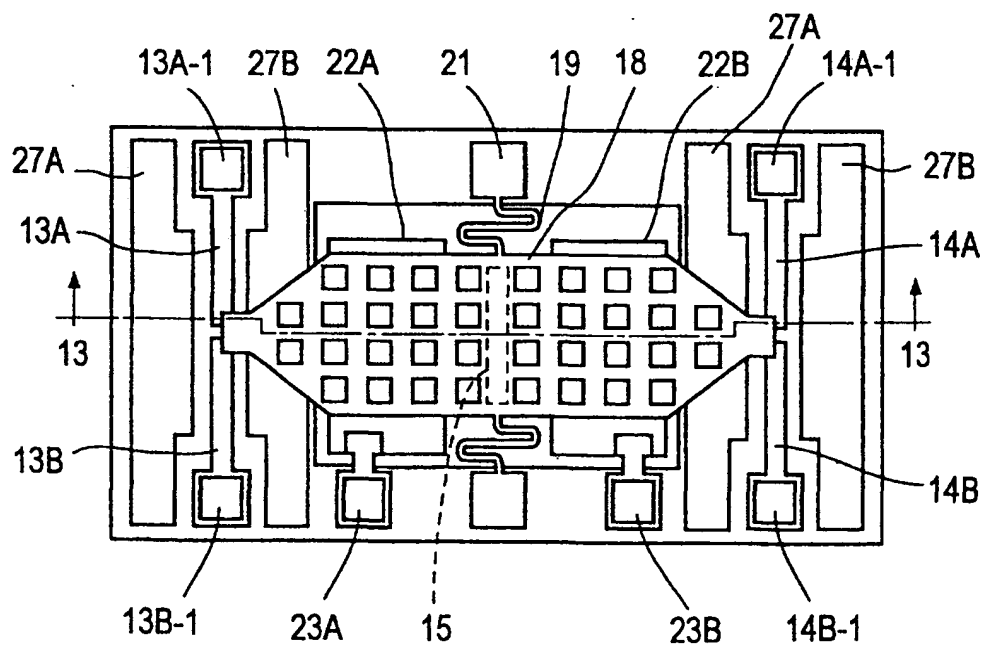


FIG. 13

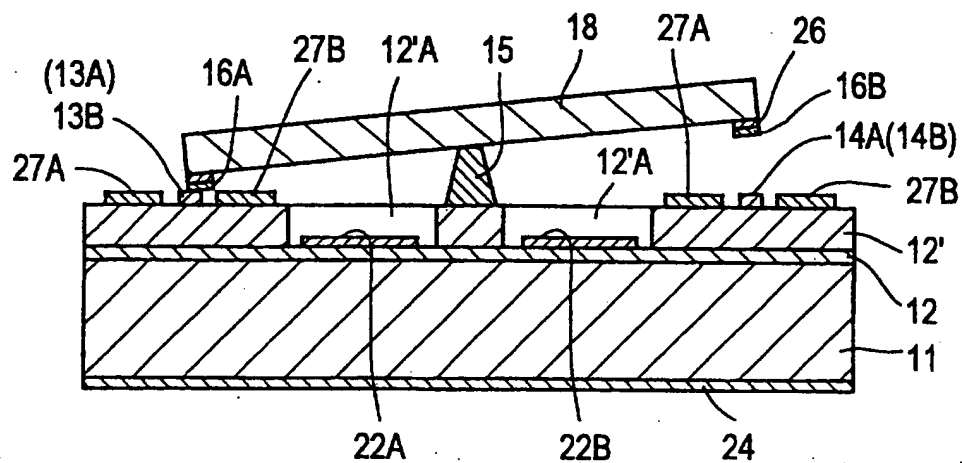


FIG. 14

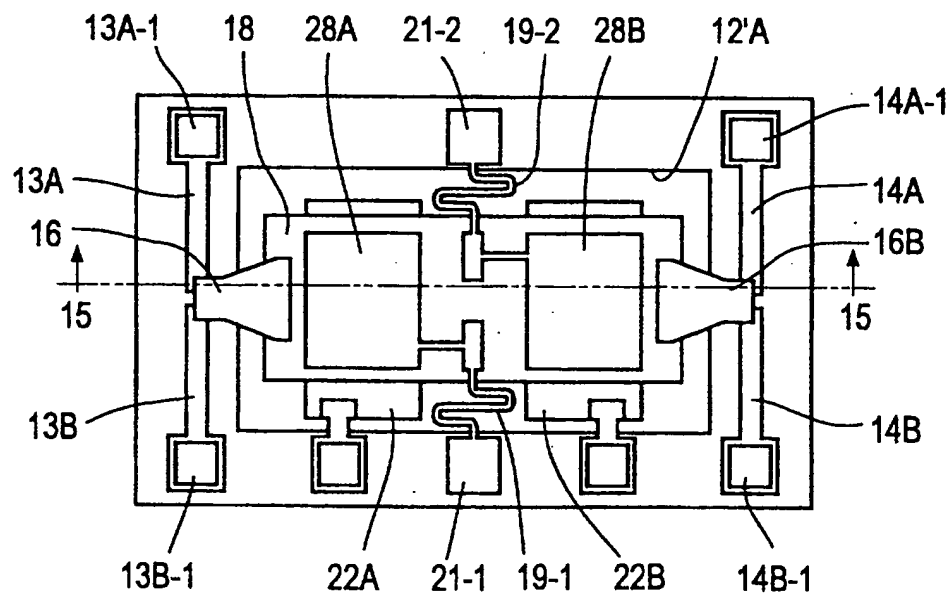


FIG. 15

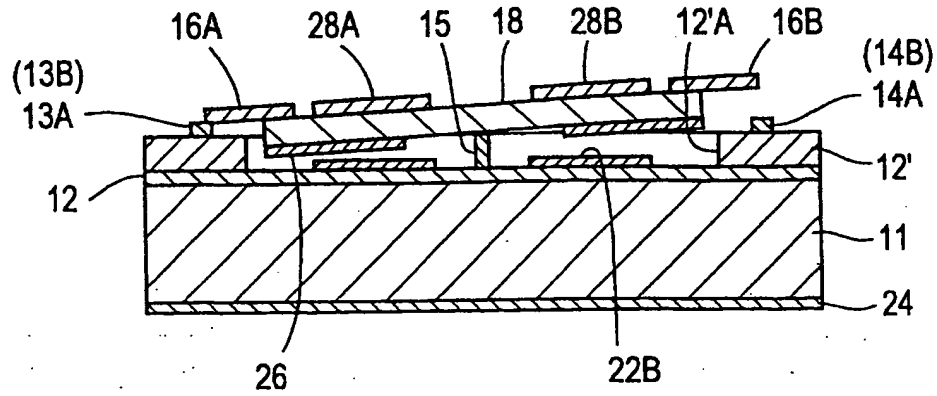


FIG. 16

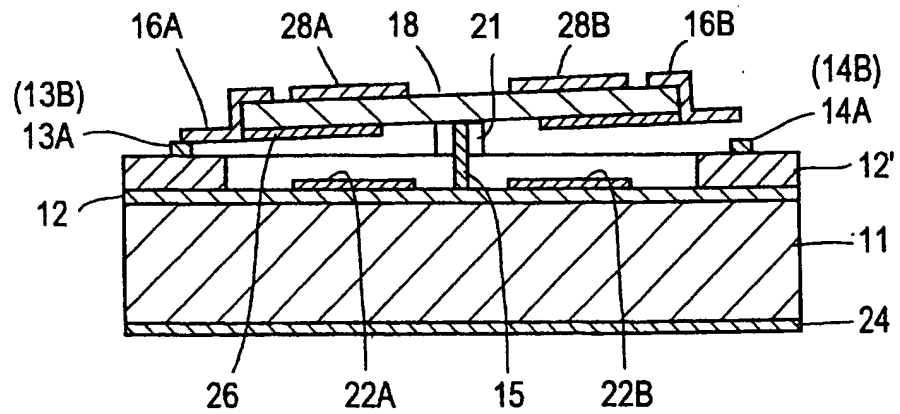


FIG. 17A

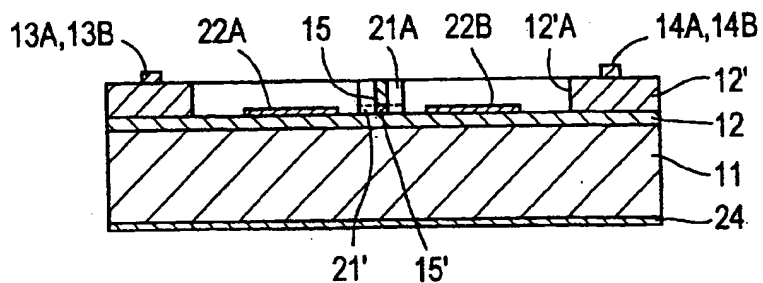


FIG. 17B

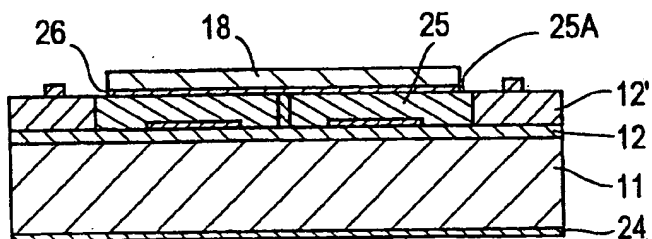


FIG. 17C

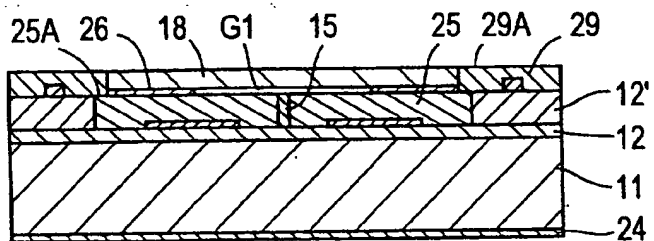


FIG. 17D

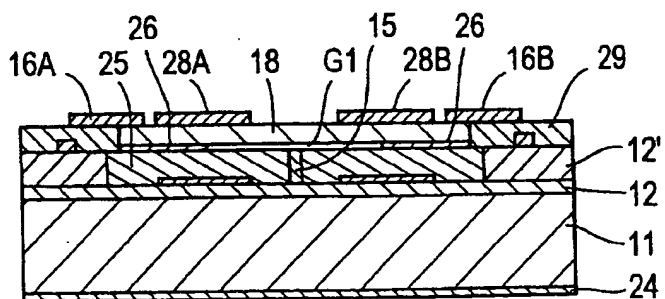


FIG. 17E

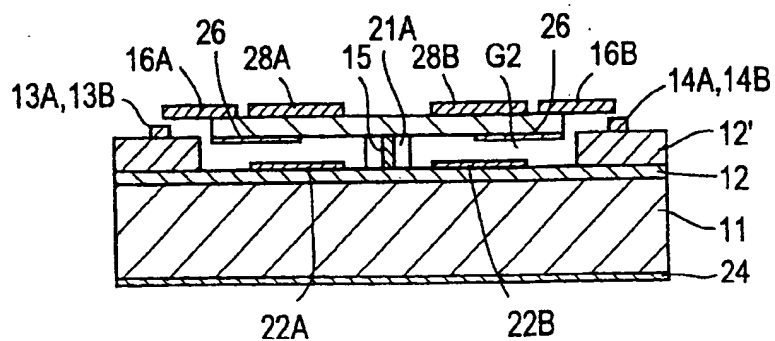


FIG. 18

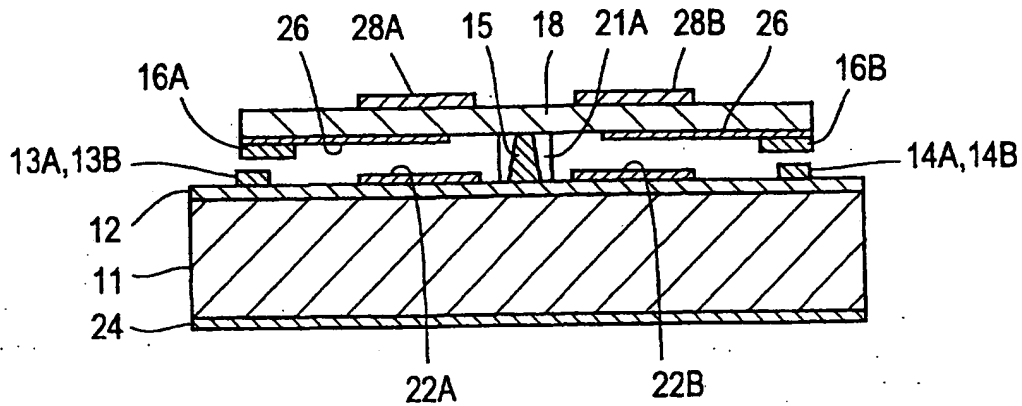


FIG. 19

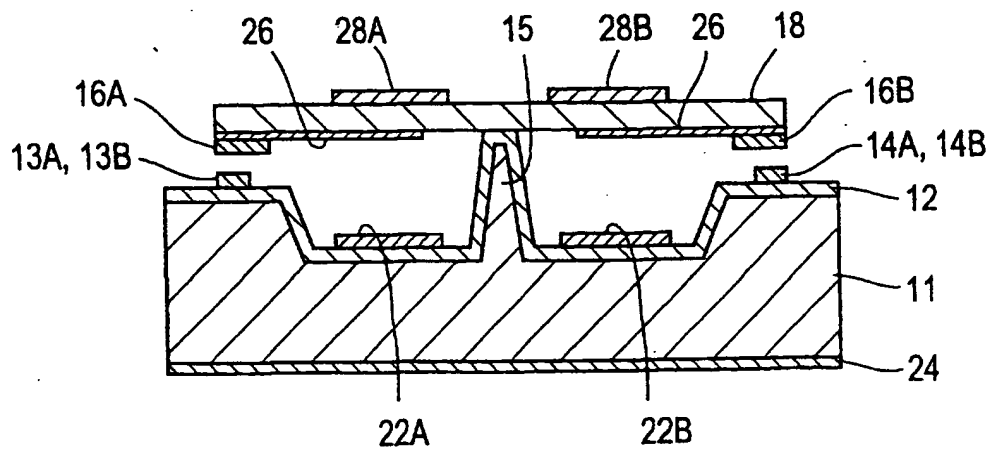


FIG. 20

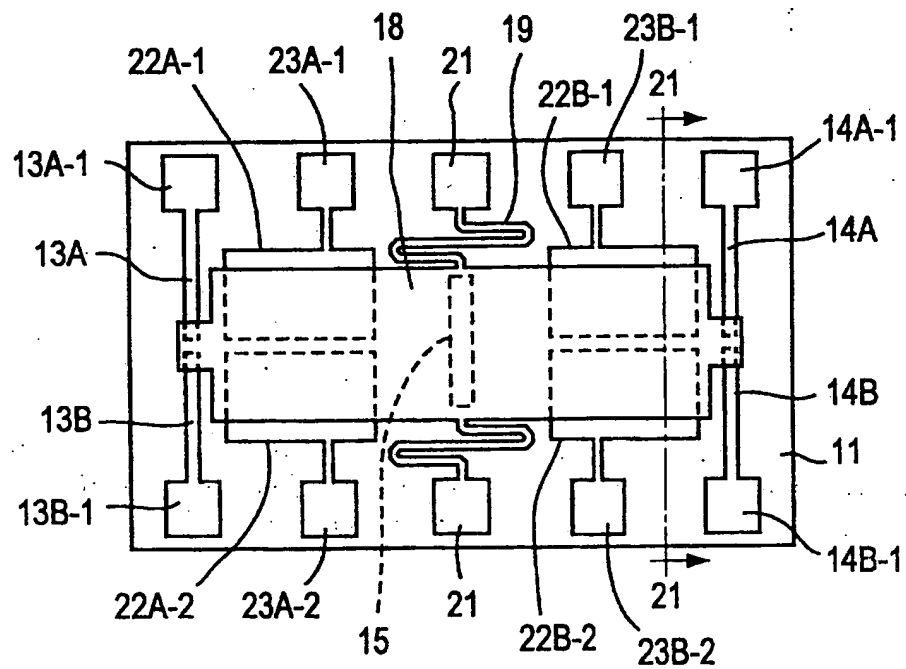


FIG. 21

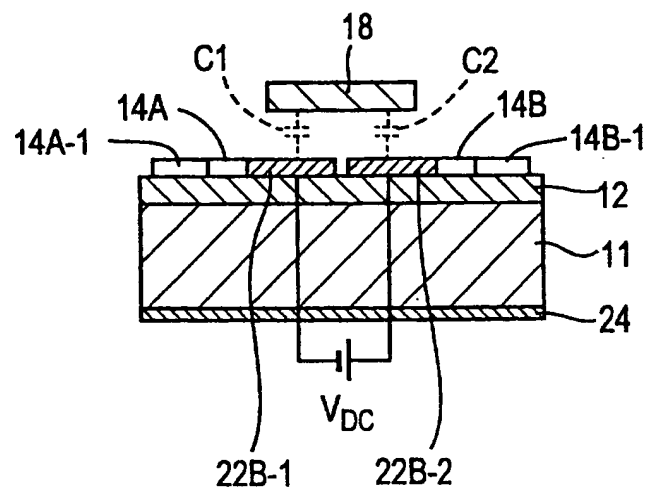


FIG. 22

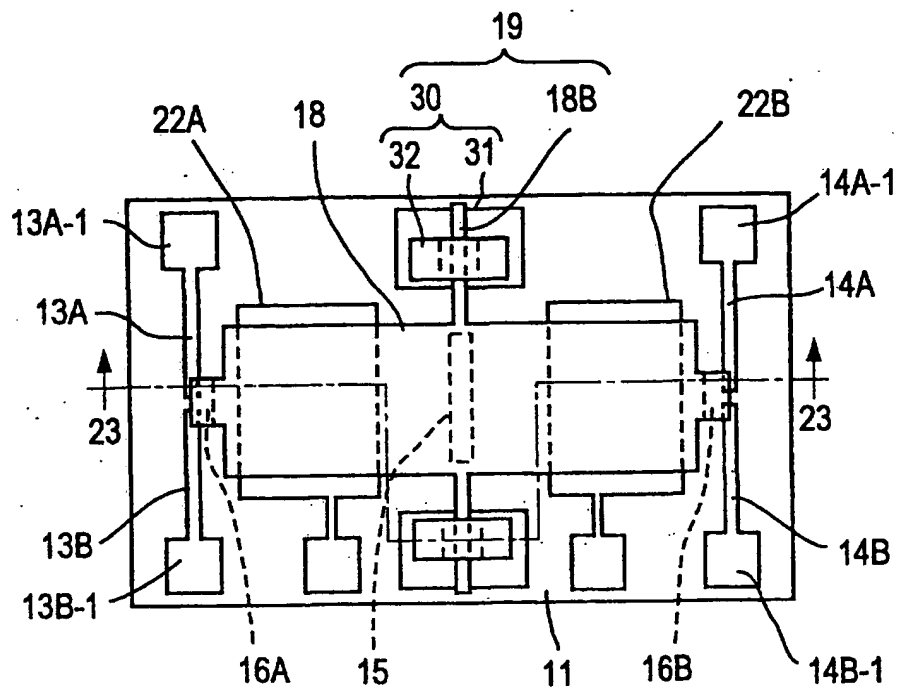


FIG. 23

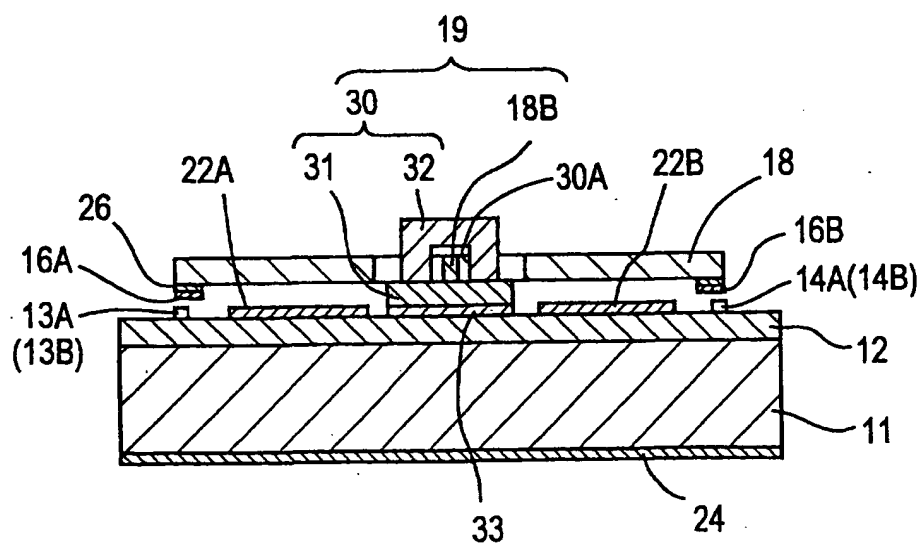


FIG. 24

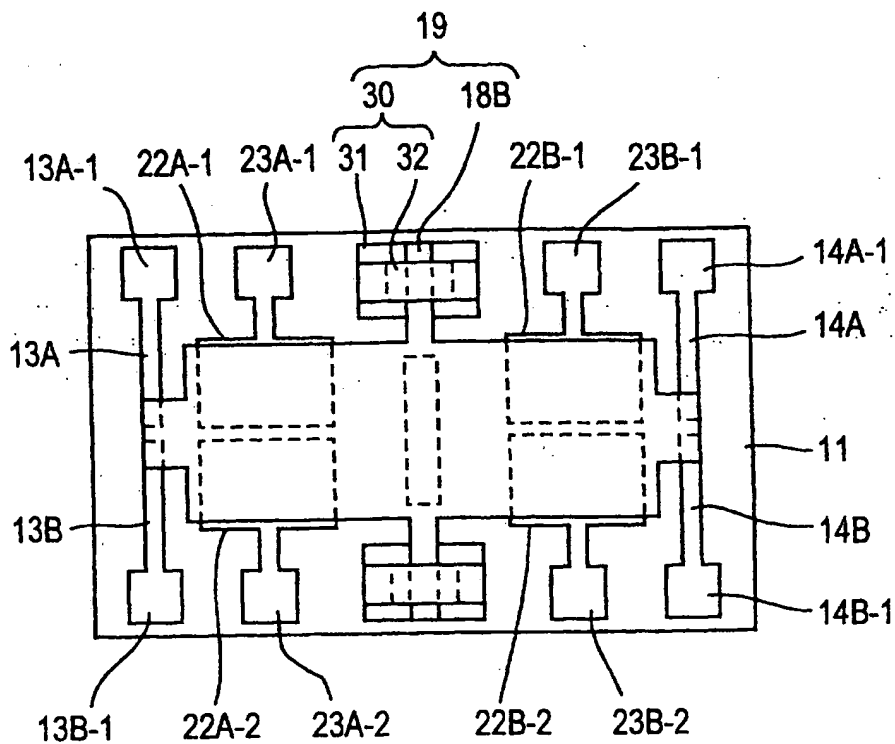


FIG. 25A

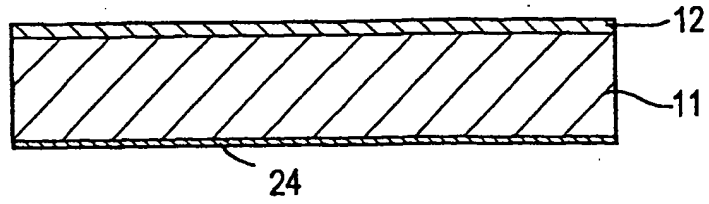


FIG. 25B

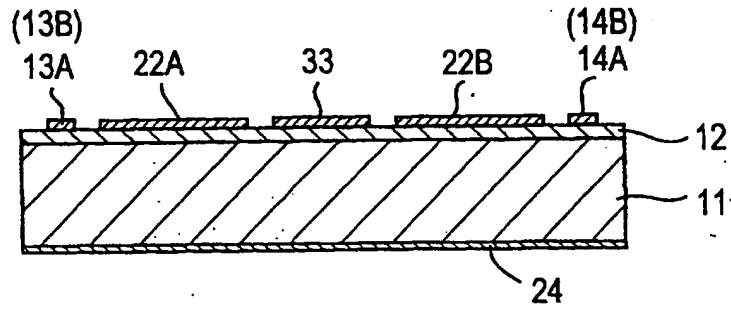


FIG. 25C

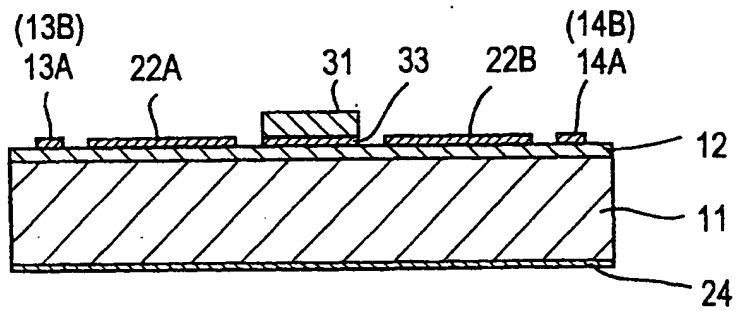


FIG. 25D

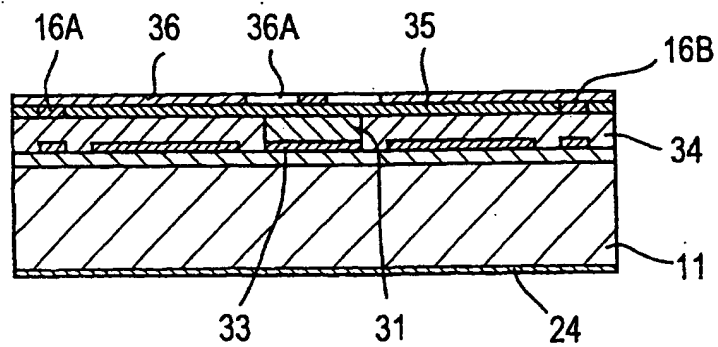


FIG. 26A

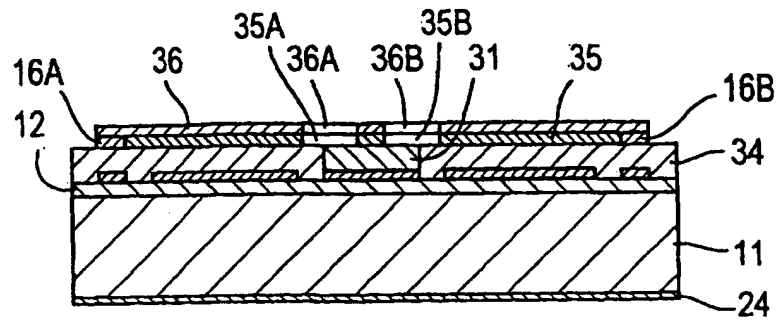


FIG. 26B

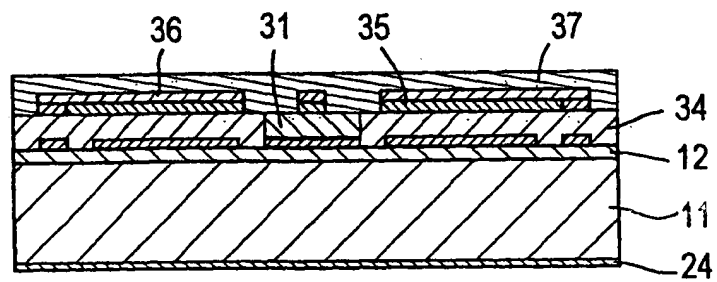


FIG. 26C

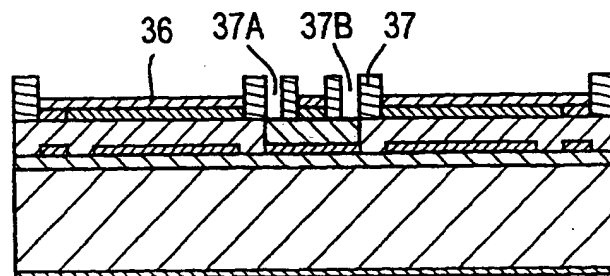


FIG. 26D

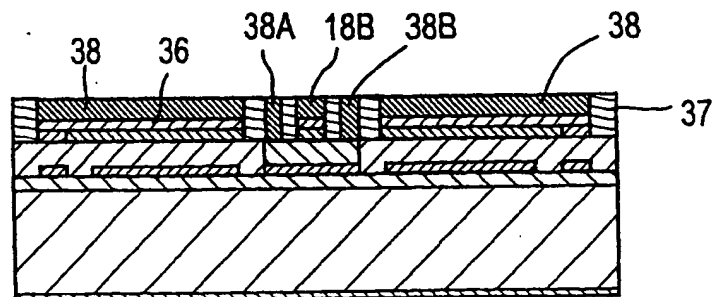


FIG. 27A

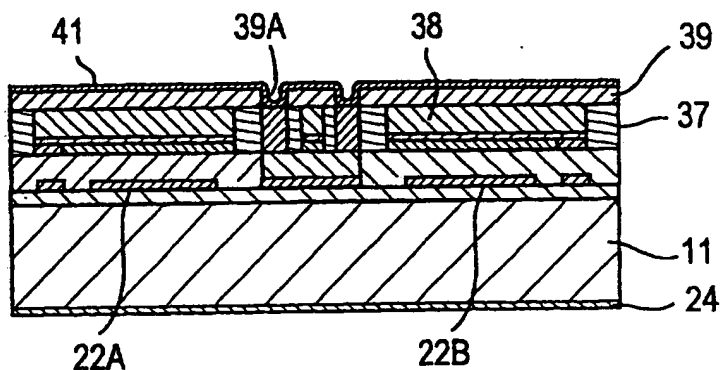


FIG. 27B

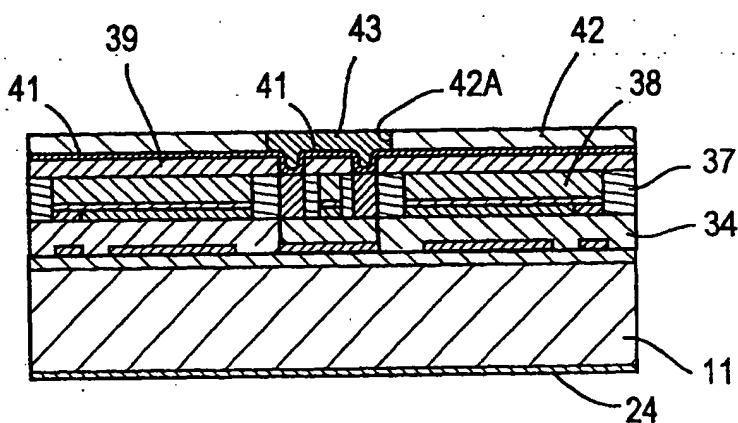


FIG. 27C

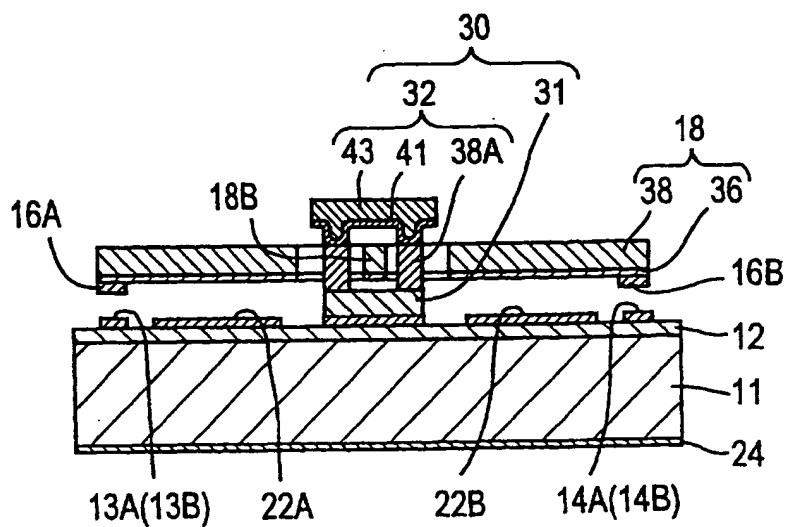


FIG. 28

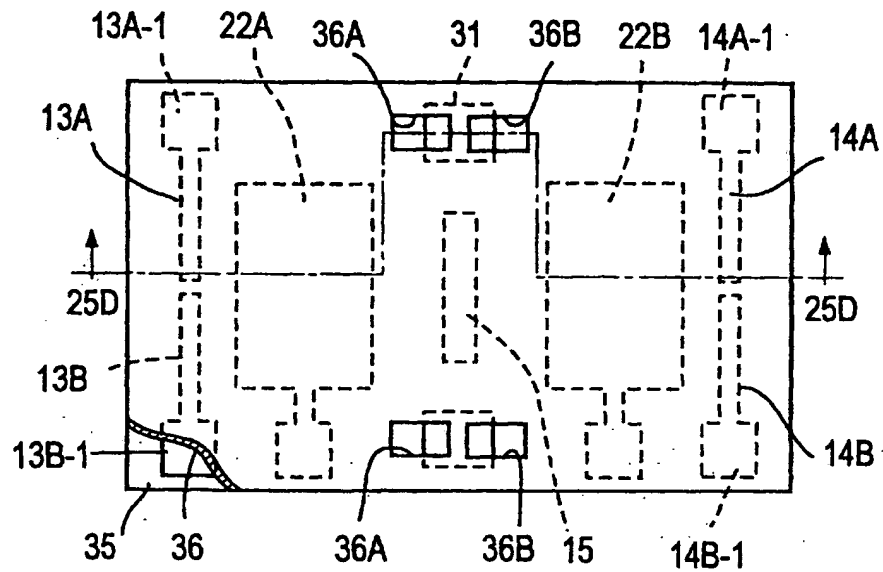


FIG. 29

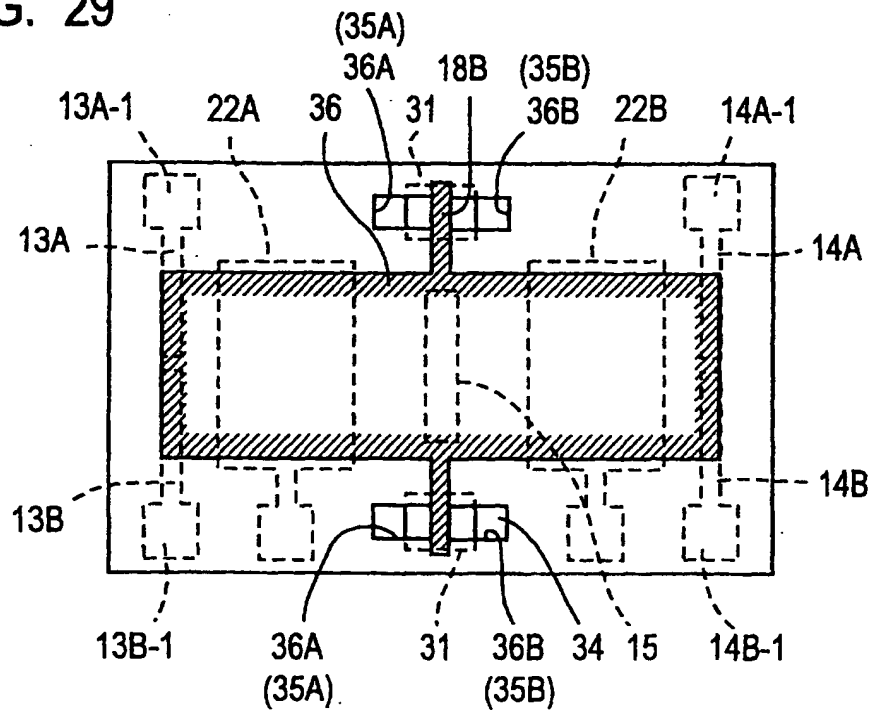


FIG. 30

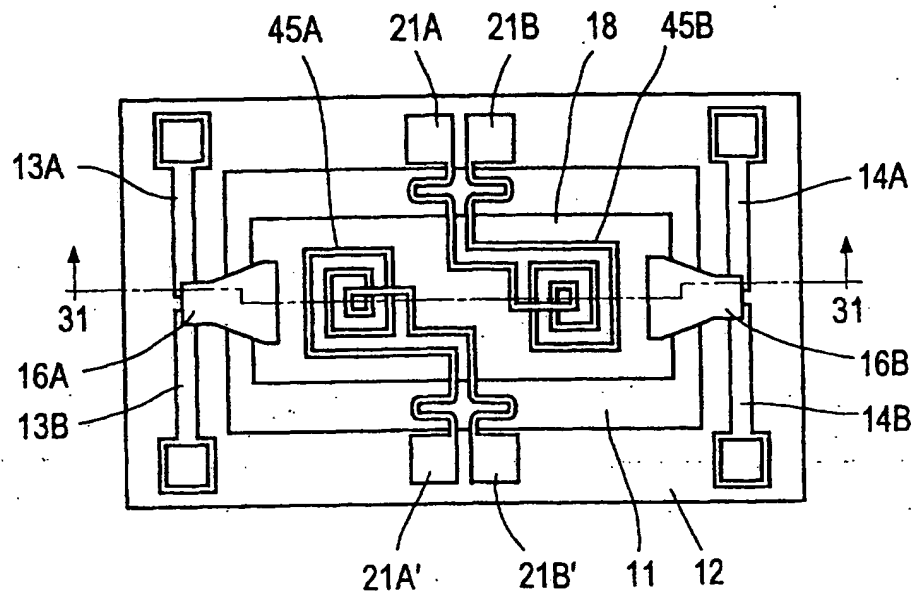


FIG. 31

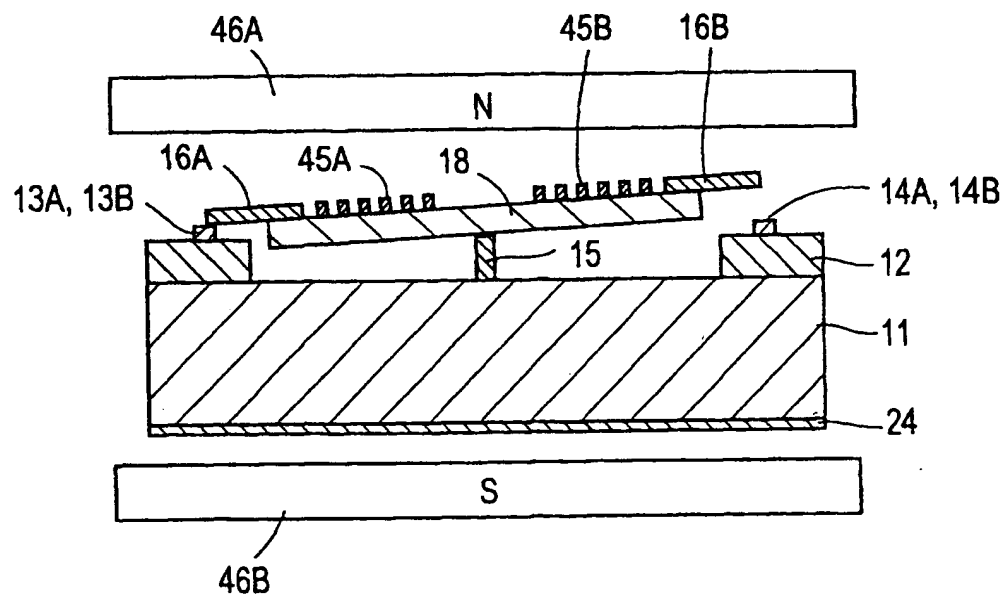


FIG. 32

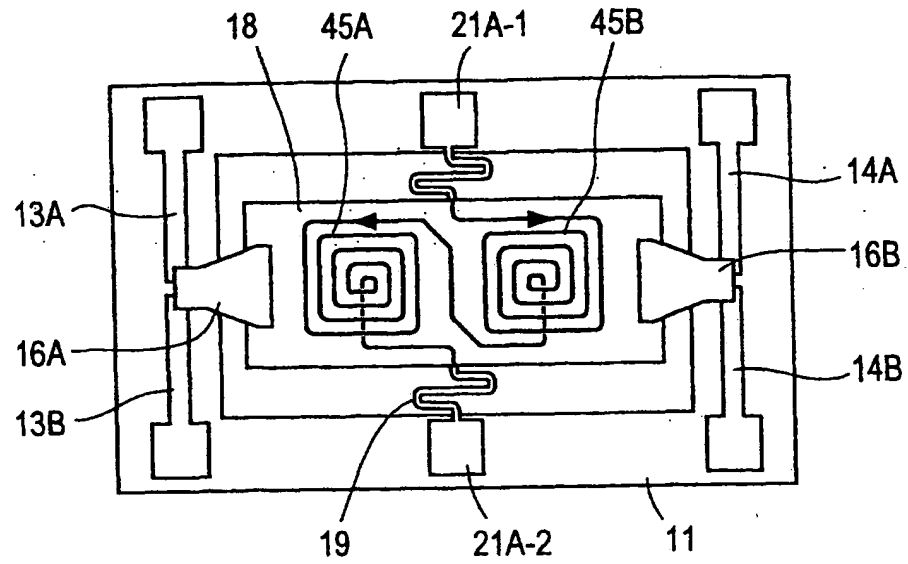


FIG. 33

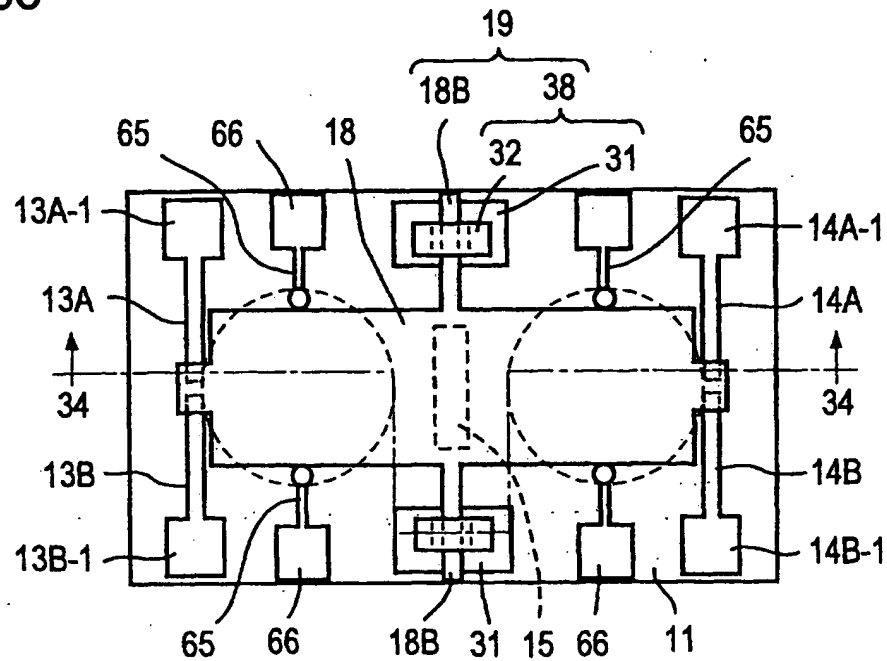


FIG. 34

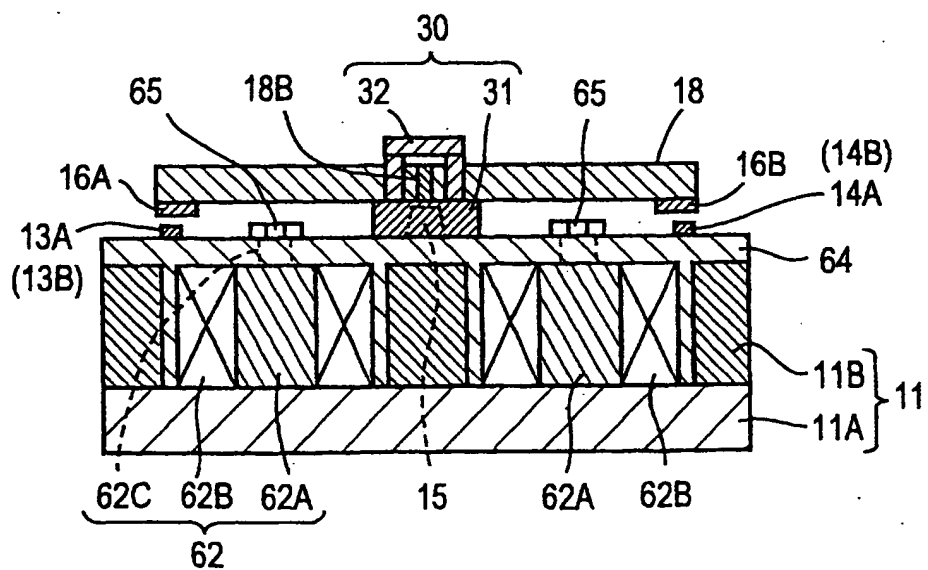


FIG. 35A

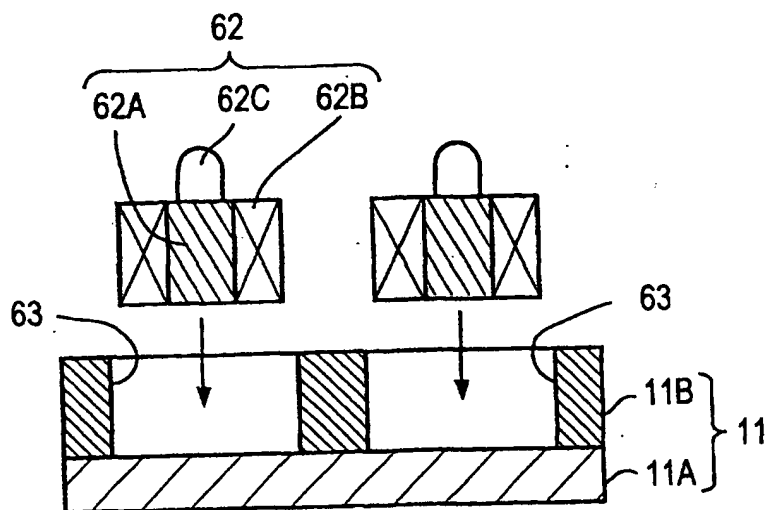


FIG. 35B

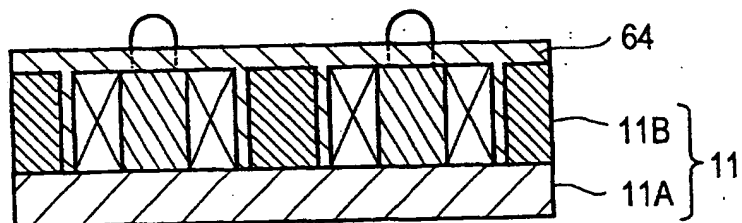


FIG. 35C

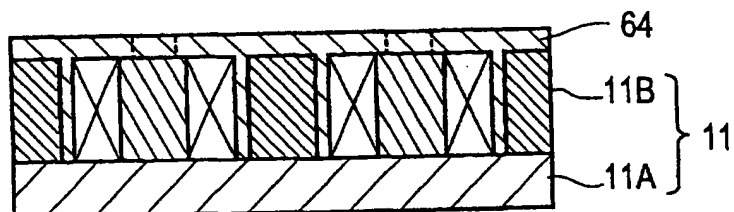


FIG. 35D

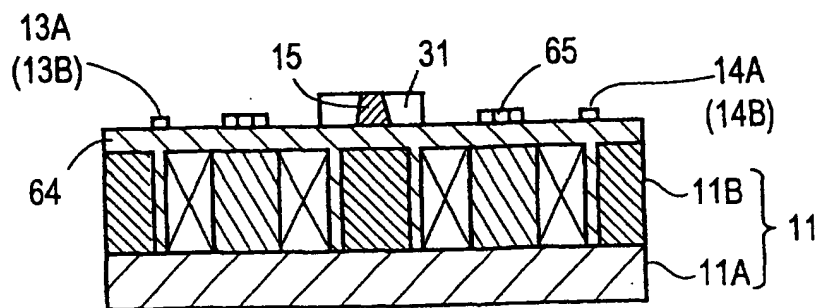


FIG. 36

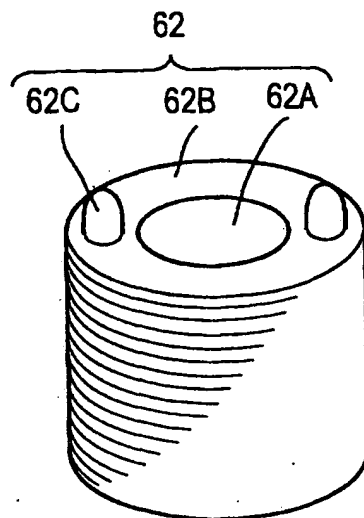


FIG. 37

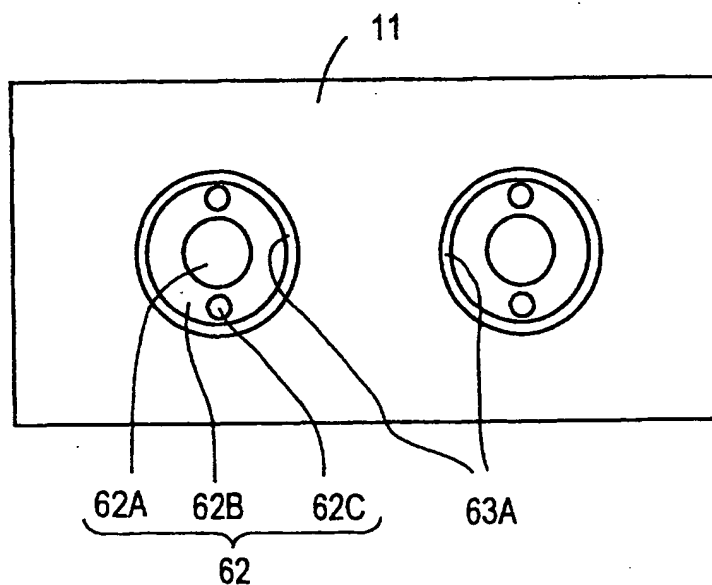


FIG. 38

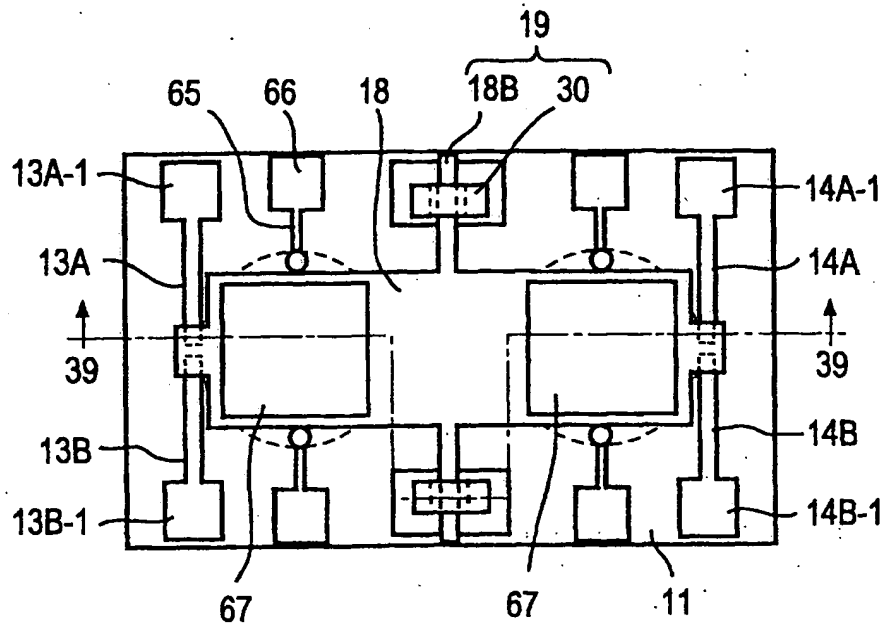


FIG. 39

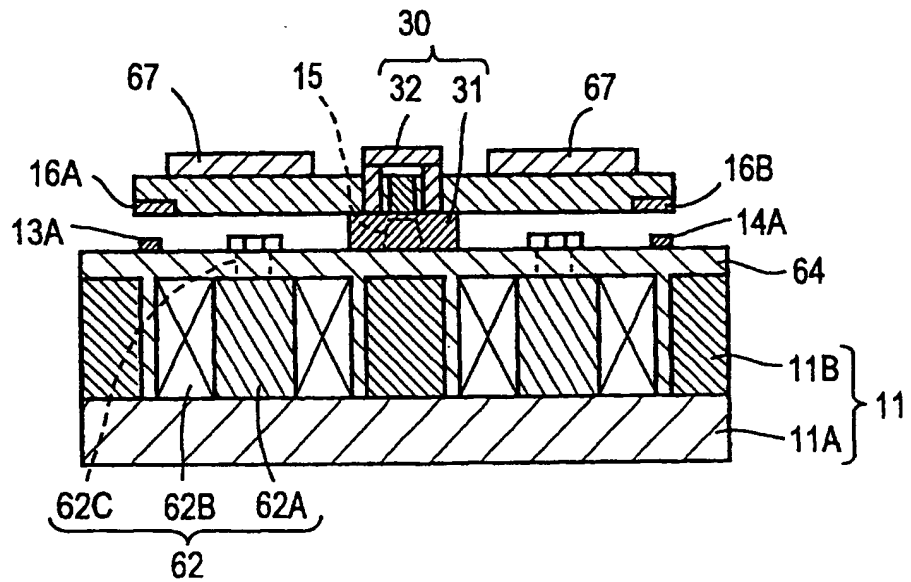


FIG. 40

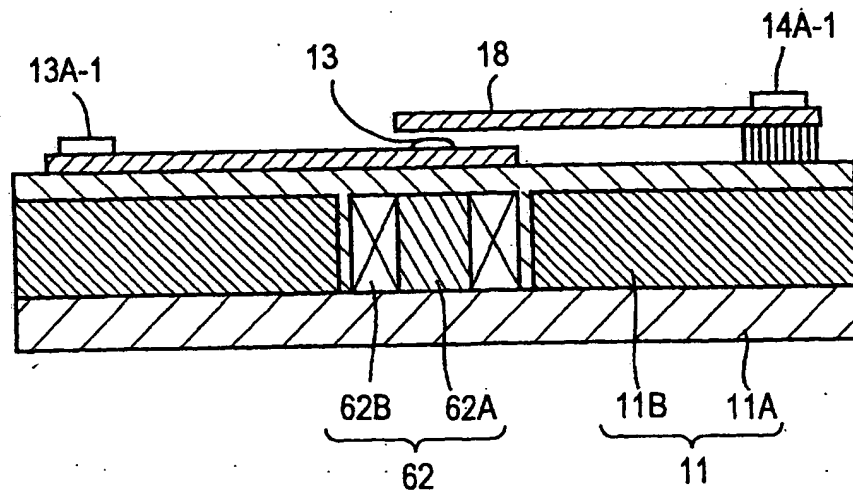


FIG. 41

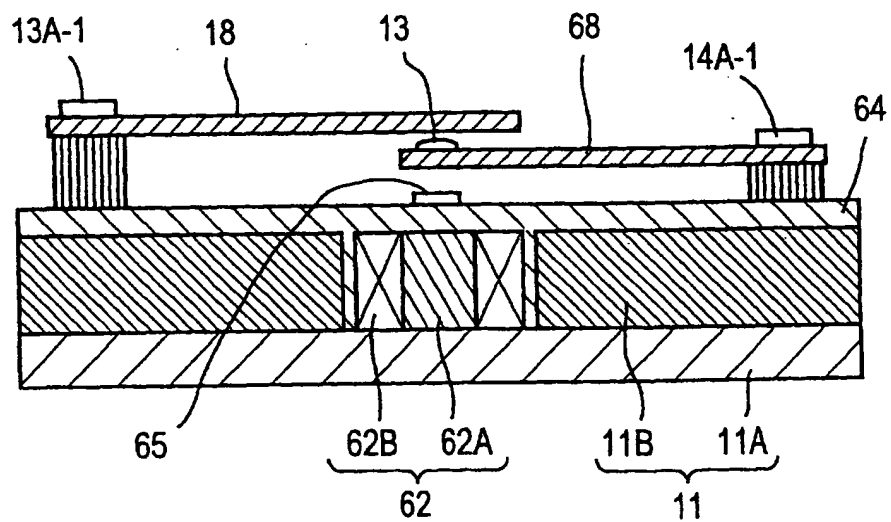


FIG. 42

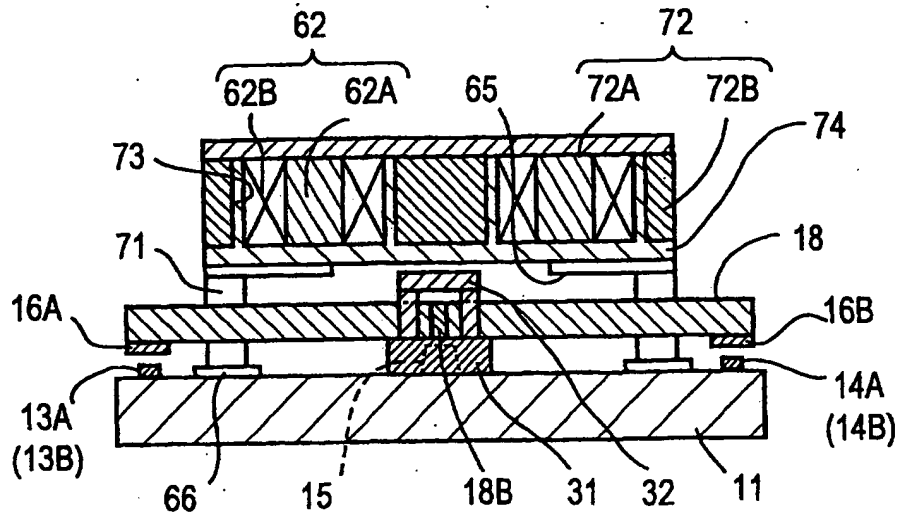


FIG. 43

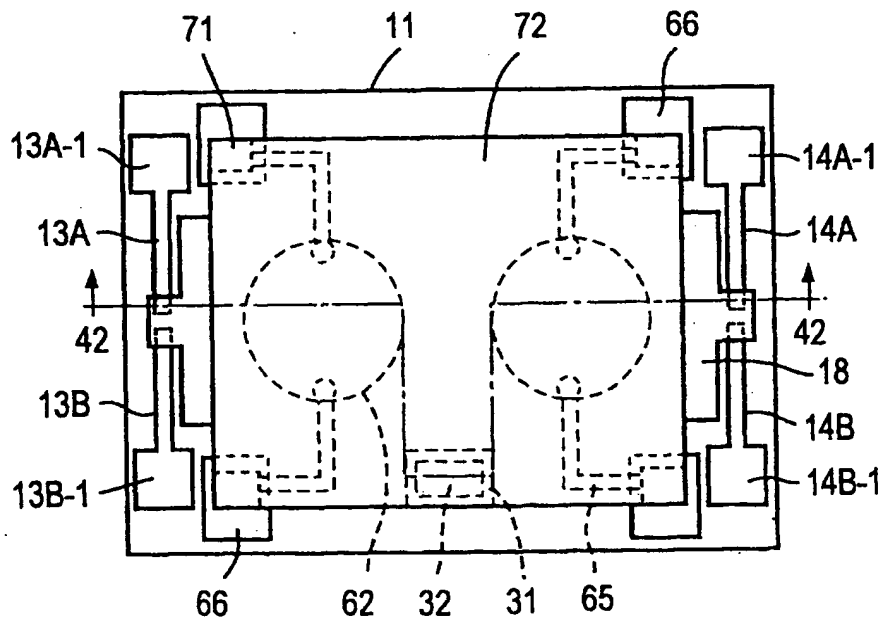


FIG. 44

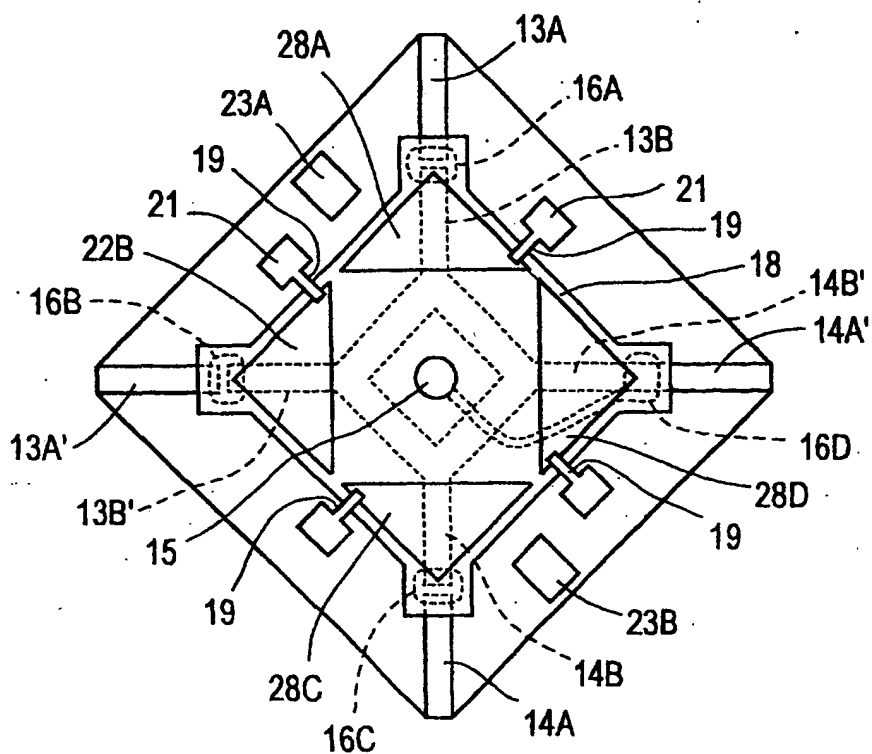


FIG. 45

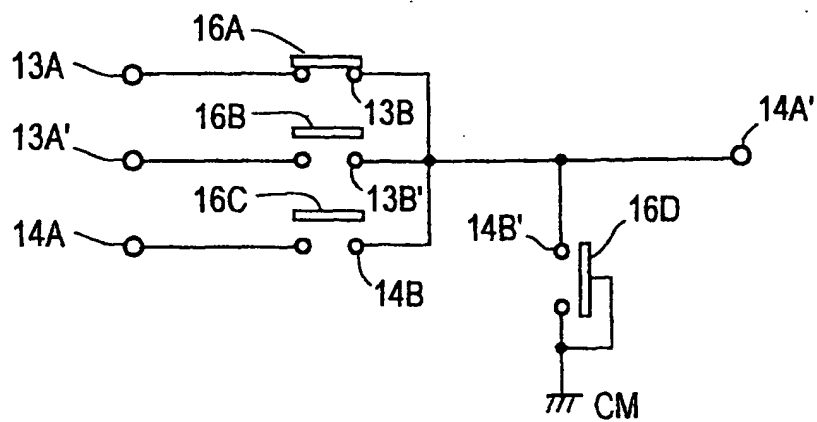


FIG. 46

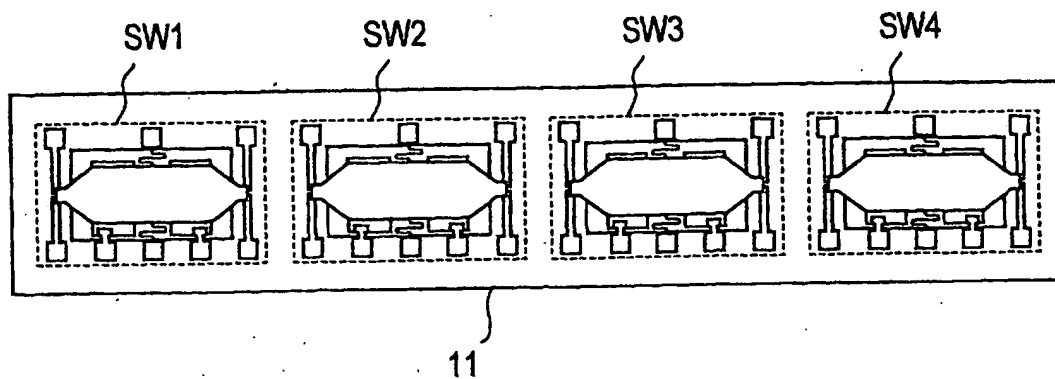


FIG. 47

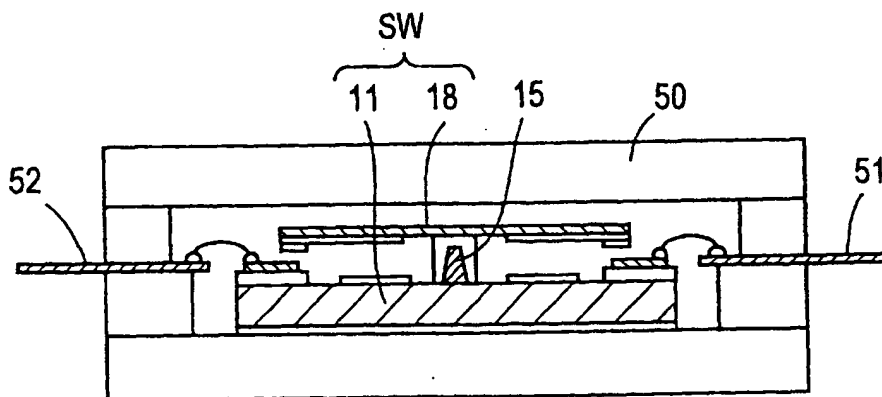


FIG. 48

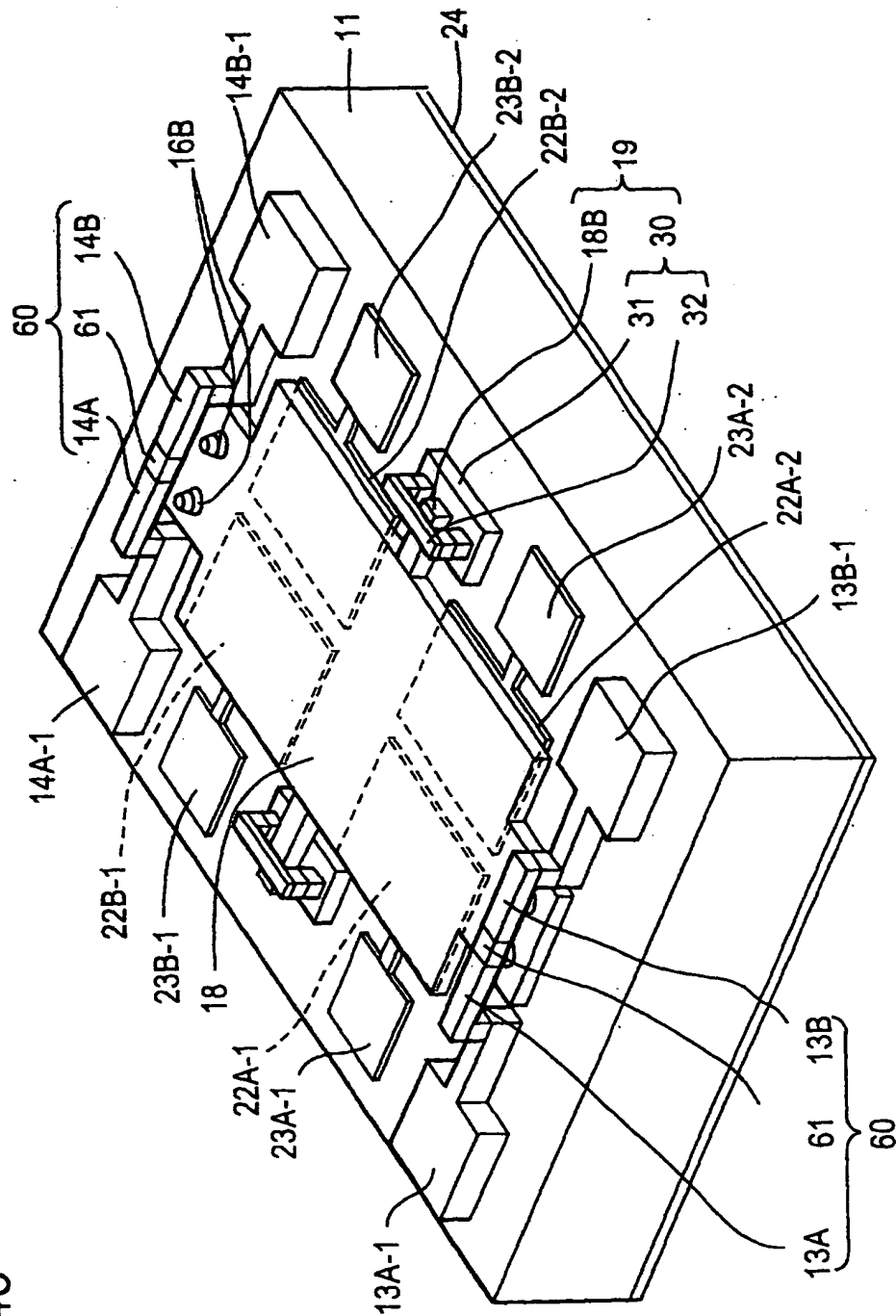


FIG. 49 *STAND DER TECHNIK*

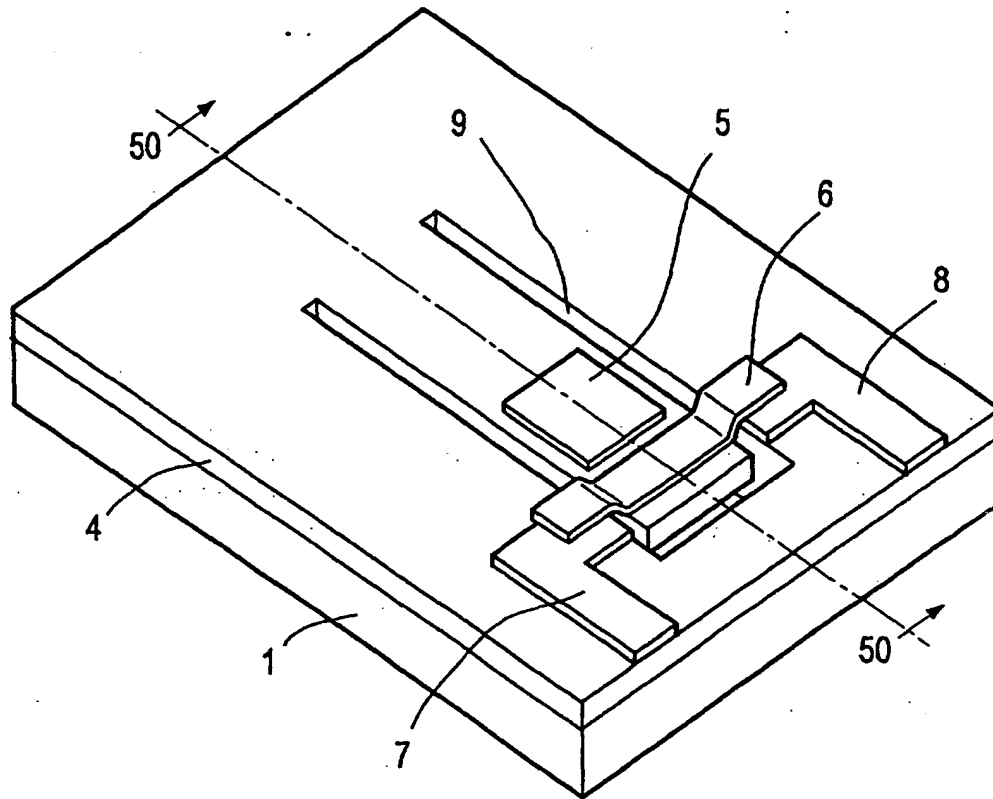


FIG. 50 *STAND DER TECHNIK*

